

24
92



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ingeniería

CARRETERA MEXICO - TOLUCA TRAMO
LA VENTA - LA MARQUESA

SEMINARIO DE TESIS
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A N
ALEJANDRO J. HERNANDEZ LOPEZ
JESUS M. SANCHEZ ESQUIVEL
MISAEEL ZUMAYA MERAZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

	Página
INTRODUCCION	1
I. ESTUDIOS SOCIOECONOMICOS DE LA ZONA..	
I.1 Situación.	5
I.2 Características Socioeconómicas de la Zona de Influencia	7
I.3 Volúmenes de Tránsito	19
I.4 Derecho de Vía.	22
II. RELACION DE LOS ESTUDIOS TECNICOS REALIZADOS	
II.1 Estudios Geológicos	25
II.2 Estudios Ejecutados y por Ejecutar en el Túnel "La Venta"..	30
II.3 Estudio Geotécnico para la Pavimentación.	39
III. DESCRIPCION DEL PROYECTO.	
III.1 Generalidades	42
III.2 Selección de Ruta	45
III.3 Anteproyecto	46
III.4 Proyecto Definitivo	62
III.5 Proyecto del Pavimento	65
III.6 Recomendaciones y Normas de Construcción	70
III.7 Licitación de la Obra.	72
IV. PROCESO CONSTRUCTIVO.	
IV.1 Generalidades	75
IV.2 Terracerías	76
IV.3 Obras de Drenaje	91
IV.4 Pavimentación	105
IV.5 Estructuras Complementarias	114
V. PRINCIPALES CONTROLES DE CALIDAD.	
V.1 Principios de Control General de Calidad	129
V.2 Control de Calidad de los Materiales	130
V.3 Seguimiento y Reportes	132
CONCLUSIONES	147
BIBLIOGRAFIA	149

I N T R O D U C C I O N

Toda actividad del hombre está ligada al transporte, por tener éste efectos -- importantes en su vida económica y social, al permitir disponer de las mercancías o la presencia de las personas en el lugar y tiempo que se necesiten.

En México el más utilizado es el transporte carretero, por el que se traslada el 80% de las mercancías y el 95% de las personas.

El crecimiento demográfico, el aumento de las actividades económicas y las cada vez mayores tasas de vehículos se traducen en el incremento de la infraestructura carretera, requiriendo de la construcción de carreteras y de la modernización de las ya existentes.

El incremento tanto en volumen como en carga de la Red, ha hecho que a principios de esta década se registraran en los alrededores de la Ciudad de México -- tránsitos superiores a los 40,000 vehículos diarios.

Como consecuencia de los cambiantes niveles de uso de sus carreteras y de la heterogeneidad en cuanto a diseño y capacidad de carga, ha provocado congestionamientos, accidentes y bajos niveles de servicio que no corresponden a los requerimientos actuales.

En virtud del desarrollo tan considerable que ha tenido la Ciudad de Toluca, - tanto en el aspecto industrial como comercial y su cercanía con el Distrito Federal, ha motivado que por la carretera México-Toluca se mueva un volumen de - vehículos de diferentes tipos y muy particularmente los domingos y días festivos, lo cual ha provocado un congestionamiento en sus carriles de circulación y un número considerable de accidentes de tránsito (con un índice registrado en 1982 de 10/Km/año); los volúmenes de tránsito aforados en el año de 1982 en esta carretera fueron del orden de 19,000 vehículos promedio anual por día en el tramo entronque Constituyentes con Reforma hasta La Marquesa.

Bajo esta expectativa, la solución al problema vial de la carretera México-Toluca era definitiva, y esto se logra mediante diferentes vialidades, que de no hacer-- las, la comunicación entre México y Toluca podrá llegar a un caos que se traduci-

ría en accidentes y pérdida de vidas, con gran perjuicio a la economía del -- País.

Dentro de las vialidades estudiadas se encuentra la modernización del tramo La Venta-La Marquesa, con el objeto de que el usuarios tenga bastante seguridad y un menor tiempo de recorrido, ya que las obras en este tramo se ejecutan con - especificaciones de tipo autopista: con menor grado de curvatura y pendiente, mayor amplitud (hasta 6 carriles de circulación), mayor longitud de visibili - dad; en consecuencia mayor velocidad con un alto coeficiente de seguridad para el usuario, menor consumo de combustible y menor deterioro del vehículo.

En este tramo se tiene previsto la construcción de un túnel y de un viaducto, esto trae como consecuencia el acortamiento de su recorrido.

En 1905, se creó La Junta Directiva de Caminos, en este mismo año hizo su apa - rición el automóvil en nuestro País, este grupo se encargó de construir y repa - rar carreteras atacando entre las primeras la de México-Toluca. La selección del camino por construir se hace mediante criterios simples; mejorando las an - teriores brechas donde transitaban vehículos tirados por caballos o bestias de carga. Su planeación se considera incipiente, ya que sólo se pugnaba por la co - municación de la Capital Mexicana con las Ciudades y Puertos Marítimos y Fronter - izos más importantes.

La Junta Directiva de Caminos en 1912 se transformó en Inspección de Caminos y finalmente este organismo se convierte en Departamento de Caminos que en 1917 se transforma en Dirección de Caminos y Puentes.

El 30 de mayo de 1925 y cuando ya existía en el país un volumen aproximado de vehículos automotores de 50,000 unidades, se expide una Ley que establece el - impuesto federal sobre la gasolina con el fin de obtener los fondos que se des - tinarían a la construcción y conservación de los caminos, creándose la Comisión Nacional de Caminos, dependiente de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Pú - blicas, esta dependencia subsistió hasta el año de 1958 en que fué dividida --- creándose la Secretaría de Obras Públicas y en 1976 ésta se convirtió en SAHOP y por último esta dependencia desapareció y en el año de 1983 el sector caminos pasó a depender de la actual Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

La carretera México-Toluca fue iniciada y concluida con especificaciones muy modestas desde antes de la fundación de la Comisión Nacional de Caminos, los trabajos estuvieron controlados por la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas que fué la que ejecutó la mayor parte de la construcción y no fué sino hasta febrero de 1929 en que pasó a depender directamente de la Comisión Nacional de Caminos, no obstante que se entregó totalmente terminada por la SCOP hubieron de hacerse trabajos nuevos entre La Venta y Cola de Pato, habiéndose pavimentado y llevado a cabo otras mejoras como las de alineamiento horizontal y vertical y mejor superficie de rodamiento, corrección, ampliación y sobre-elevación de curvas, ampliación construcción de alcantarillas, cunetas, contracunetas y canales.

Esta carretera constantemente ha sufrido modificaciones de alineamiento horizontal, vertical y ampliaciones en corona; en el período de 1941 a 1956 se le ejecutaron trabajos de ampliación en su corona, de 7.00 m a 13.50 m de ancho. De 1956 a 1960 se amplió la corona de 13.50 m. a 22.00 m. Al hacer esta ampliación no se corrigió el alineamiento horizontal ni el vertical, por lo que ha hecho -- muy peligroso el tránsito de vehículos, ya que al no modificar el grado de curvatura, el usuario tiene que conservar la misma velocidad que desarrollaba antes de su ampliación, cosa que no sucede, porque el automovilista al observar la amplitud que tiene se confía y considera que puede aumentar la velocidad, motivo principal por lo que se provocan los accidentes con fatales consecuencias.

La modernización del tramo La Marquesa-Toluca, de la carretera México - Toluca estuvo a cargo del Gobierno del Estado de México y fué puesto en servicio en 1979. Actualmente se encuentra en ejecución el tramo La Venta - La Marquesa, a cargo de la Dirección General de Carreteras Federales de la S. C. T.

El tipo de carretera que debe emplearse depende de varios aspectos económicos y de operación, entre los cuales pueden mencionarse: la inversión inicial, la duración del proyecto y sus etapas; la tasa de interés, el volumen de tránsito, el nivel de confianza, la conservación sistemática y los criterios de falla.

Las características del tránsito serán la base para el proyecto de las carreteras. El conocimiento de sus volúmenes es básico para evaluar el movimiento vehicular, debido a que proporciona una escala de comparación, mostrando la importancia relativa de las distintas obras, interviniendo en la planeación, en el --

diseño de carreteras, en la estimación de la recuperación de la inversión para un determinado proyecto; así también interviene en el establecimiento de prioridades para la conservación y modernización de caminos ya existentes.

El presente trabajo tiene por objeto estudiar el tramo La Venta-La Marquesa, de la carretera México-Toluca.

El estudio comprende los temas siguientes: Los factores Socio-económicos de la zona, la Relación de los Estudios Técnicos Realizados, la Descripción del Proyecto, el Proceso Constructivo y los Principales Controles de Calidad.

El proyecto consistirá en determinar los estudios llevados a cabo en la selección de la ruta, el proyecto preliminar y la descripción del proyecto definitivo del tramo de carretera, sin abordar el diseño de las estructuras.

Dentro del Proceso Constructivo, el trabajo se enfocará principalmente a la ejecución del camino; terracerías, obras de drenaje y pavimento, haciendo mención del túnel y del viaducto, como partes complementarias y a manera de despertar el interés para su tratado en forma particular por otros trabajos.

CAPITULO I

ESTUDIOS SOCIOECONOMICOS DE LA ZONA

I.1. SITUACION

La Carretera México-Toluca tiene una longitud de 65 Km. Localizada en el Estado de México al suroeste del Distrito Federal. El tramo La Venta-La Marquesa, con una longitud de 10.80 km., de los cuales 2.50 km. se localizan dentro del Estado de México y el resto en el Distrito Federal, se encuentra al cargo de la DGCF de la SCT.

La región en estudio se compone de los municipios de Toluca, Metepec, San Mateo Atenco, Lerma, Ocoyoacac y Huixquilucan en el Estado de México y de la Delegación Política de Cuajimalpa en el Distrito Federal (v. Fig I.1.).

El nivel socioeconómico está desagregado a nivel municipal por ser ésta la unidad base para la planificación del desarrollo social y económico.

El Estado de México está inscrito en el centro de la República en la parte -- oriental de la Mesa de Anáhuac, sus coordenadas extremas son $18^{\circ}27'$ y $20^{\circ}18'$ - de latitud norte y $98^{\circ}37'$ y $100^{\circ}27'$ de longitud oeste. Linda al norte con el estado de Hidalgo, al este con Tlaxcala y Puebla, al sur con el Distrito Federal, Morelos y Guerrero, al oeste con Michoacán y al noroeste con Querétaro. Su capital es Toluca de Lerdo y está dividido en 121 municipios con una superficie total de 21,461 Km².

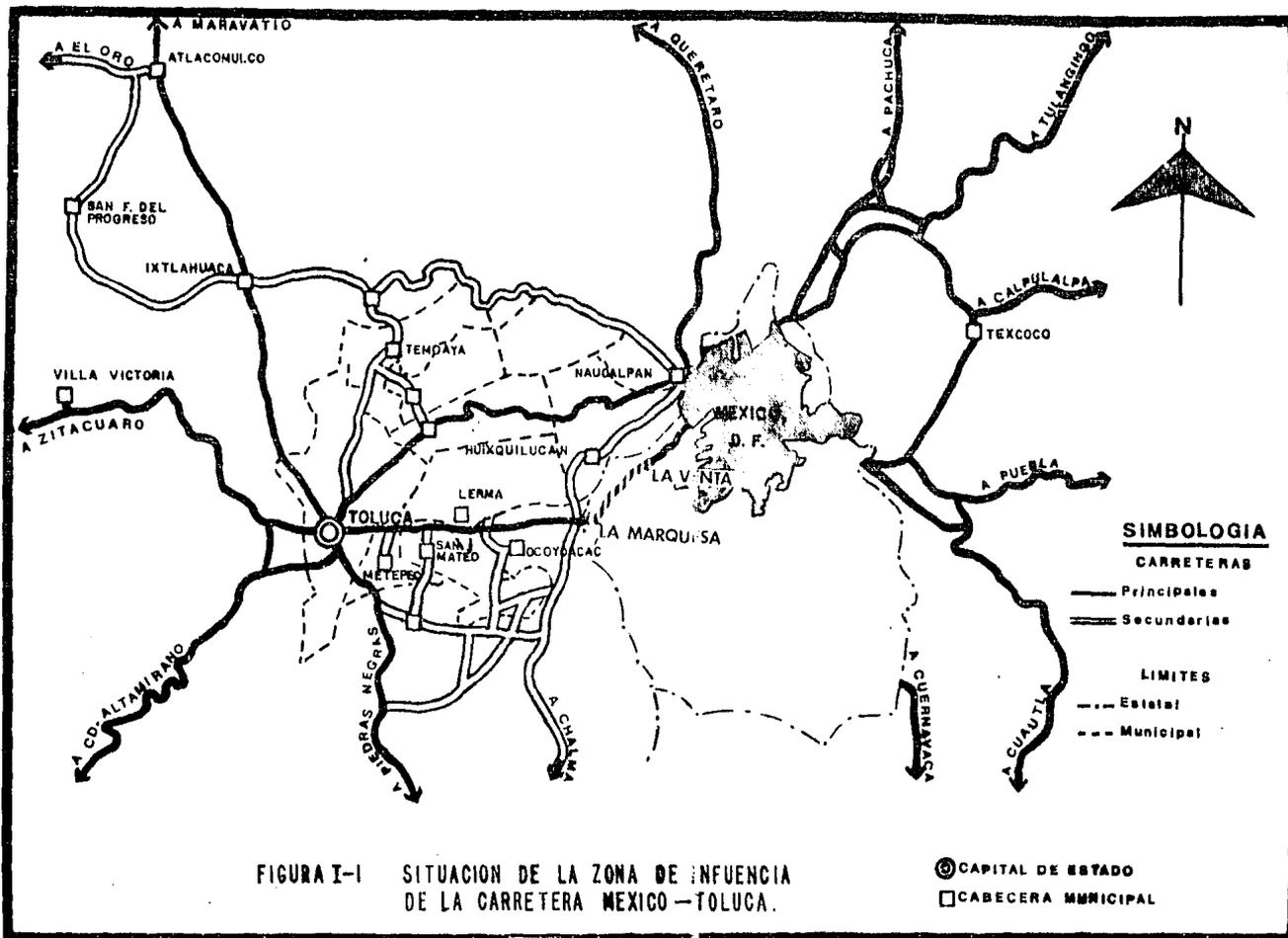


FIGURA I-1 SITUACION DE LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA CARRETERA MEXICO-TOLUCA.

I.2. CARACTERISTICAS SOCIOECONOMICAS DE LA ZONA DE INFLUENCIA.

2.1 Estudios Demográficos.

Cuadro I.1 POBLACION TOTAL POR SEXO, SUPERFICIE TERRITORIAL Y DENSIDAD DE POBLACION

MUNICIPIO	POBLACION TOTAL	HOMBRES	MUJERES	SUPERFICIE KM ²	DENSIDAD DE POBLACION HABITANTES POR KM ²	PORCIENTO DE LA POBLACION	PORCIENTO DE LA SUPERFICIE
MEXICO	3 833 185	1 931 257	1 901 928	21 461.00	178.51	100.00	100.00
HUIXQUILUCAN.	33 527	16 929	16 598	109.93	304.98	0.88	0.51
LERMA	36 071	18 039	18 032	203.63	177.14	0.94	0.95
METEPEC	31 724	15 708	16 016	61.21	516.23	0.53	0.29
OCOYOACAC	19 364	9 823	9 541	71.21	271.93	0.51	0.33
SAN MATEO ATENCO	18 140	9 337	8 803	31.23	580.85	0.47	0.15
TOLUCA	239 261	117 058	122 203	377.28	634.17	6.24	1.76
TOTAL	378 087	186 894	191 193	854.49	442.47	9.87	3.99

El Cuadro I.1., permite apreciar la distribución de la población de la Entidad Federativa entre los municipios de estudio. El indicador de la densidad de población - señala que el municipio de Toluca es el más densamente poblado.

En su conjunto, la zona en estudio tiene una concentración mayor que la total en el Estado.

Cuadro I.2 NUMERO DE LOCALIDADES Y POBLACION TOTAL POR SEXO, POR GRUPOS DE TAMAÑO DE LAS LOCALIDADES SEGUN EL NUMERO DE HABITANTES.

MUNICIPIO Y GRUPO DE TAMAÑO DE LA LOCALIDAD SEGUN EL NUMERO DE HABITANTES.	NUMERO DE LOCALIDADES	POBLACION TOTAL		
		HOMBRES Y MUJERES	HOMBRES	MUJERES
HUIXQUILUCAN	26	33 527	16 929	16 598
DE 100 A 499	11	2 902	1 492	1 430
DE 500 A 999	1	837	436	401
DE 1000 A 2499	11	16 271	8 083	8 188
DE 2500 A 4999	2	5 979	3 082	2 897
DE 5000 A 9999	1	7 538	3 856	3 682
LERMA	29	36 071	18 039	18 032
DE 1 A 99	2	32	13	19
DE 100 A 499	7	2 374	1 192	1 182
DE 500 A 999	7	4 382	1 853	2 529
DE 1000 A 2499	9	13 470	6 818	6 652
DE 2500 A 4999	3	10 231	5 185	5 046
DE 5000 A 9999	1	5 582	2 978	2 604
METEPEC	59	31 724	15 708	16 016
DE 1 A 99	36	555	279	276
DE 100 A 499	8	1 840	922	919
DE 500 A 999	4	3 183	1 564	1 619
DE 1000 A 2499	7	9 811	4 873	4 938
DE 2500 A 4999	3	8 400	4 149	4 251
DE 5000 A 9999	1	7 935	3 931	4 014
OCCOYOACAC	25	19 304	9 823	9 541
DE 1 A 99	9	254	132	122
DE 100 A 499	9	2 052	1 067	985
DE 500 A 999	2	1 431	705	726
DE 1000 A 2499	2	4 210	2 164	2 046
DE 2500 A 4999	2	2 051	3 060	2 985
DE 5000 A 9999	1	7 935	3 931	4 014
TOLUCA	60	239 261	117 058	122 203
DE 1 A 99	3	135	65	70
DE 100 A 499	7	2 142	1 100	1 042
DE 500 A 999	15	11 124	5 554	5 570
DE 1000 A 2499	17	27 214	13 943	13 271
DE 2500 A 4999	9	33 360	16 333	16 627
DE 5000 A 9999	8	51 207	25 335	25 872
DE 10000 A 249 000	1	114 079	54 328	59 751
SAN MATEO ATENCO	12	18 140	9 337	8 803

El Cuadro I.2 suministra información sobre el grado de concentración o dispersión de la población de la entidad sobre los municipios en estudio y permite -- hacer el análisis del grado de urbanización de los mismos, medido en términos -- de tamaño de las localidades, según el número de habitantes. Para esto se considera como población rural a aquella que vive en localidades de menos de 2500 habitantes y urbana la que vive en localidades de 2500 habitantes y más.

Se observa que la población se concentra en localidades rurales principalmente, ya que son mayores estas que las urbanas, 176 contra 35 respectivamente. Por -- otra parte, es un hecho que la población beneficiada urbana mayor es la de To -- luca.

2.2 Estudios Educativos.

Cuadro I.3 GRADO DE INSTRUCCION DE LA POBLACION DE 6 AÑOS Y MAS.

MUNICIPIO	POBLACION DE 6 AÑOS Y MAS	SIN INSTRUCCION ALGUNA	CON ALGUN CURSO DE ADIESTRAMIENTO S/ PRIMARIA.	CON INSTRUCCION PRIMARIA (AL MENOS 1 AÑO)	CON ALGUNA INSTRUCCION POST-PRIMARIA.	INSTRUCCION INSUFICIENTEMENTE ESPECIFICADA.
HUIXQUILUCAN	25 969	8 805	-	15 732	1 428	4
LERMA	28 360	11 435	-	15 654	1 265	6
METEPEC	25 041	7 333	4	15 393	2 309	2
OCOYOACAC	15 408	5 928	-	8 740	740	-
SAN MATEO ATENCO	14 093	5 030	-	8 319	744	-
TOLUCA	191 039	60 356	32	102 121	28 468	62
TOTAL	299 910	98 887	36	165 959	34 954	74

El cuadro I.3 proporciona información de los logros educativos. A su vez, el nivel o grado de instrucción de la población es un indicador de la capacidad de desarrollo económico y social de la zona de influencia. Así, este cuadro indica el grado de desarrollo de Toluca, planteado en el cuadro I.2, al notársele en número mayor el nivel educativo.

2.3 Población Económicamente Activa.

Cuadro I.4 POBLACION DE 12 AÑOS Y MAS ECONOMICAMENTE ACTIVA E INACTIVA, POR SEXO.

MUNICIPIO	TOTAL	ECONOMICAMENTE ACTIVA			ECONOMICAMENTE INACTIVA			
		SUMA	OCUPADOS	DESOCUPADOS	SUMA	EN QUEHACERES DOMESTICOS	ESTUDIANTES	OTROS
HUIXQUILUCAN	19 601	8 405	7 971	434	11 196	7 285	2 450	1 461
HOMBRES	9 940	7 015	6 776	239	2 925	258	1 477	1 190
MUJERES	9 661	1 390	1 195	195	8 271	7 027	973	271
LERMA	21 368	8 840	8 376	464	12 528	8 499	2 652	1 377
HOMBRES	10 685	7 530	7 276	254	3 155	359	1 683	1 113
MUJERES	10 683	1 310	1 100	210	9 373	8 140	969	264
METEPEC	19 293	7 701	7 402	299	11 592	7 945	2 500	1 147
HOMBRES	9 363	6 581	6 366	215	2 782	360	1 439	983
MUJERES	9 930	1 120	1 036	84	8 810	7 585	1 061	164
OCOYOACAC	11 919	4 534	4 374	160	7 385	4 936	1 526	923
HOMBRES	6 004	4 011	3 902	109	1 993	228	942	823
MUJERES	5 915	523	472	51	5 392	4 708	584	100
SAN MATEO A.	10 463	4 339	4 105	234	6 124	4 119	1 478	527
HOMBRES	5 333	3 758	3 603	155	1 575	207	935	433
MUJERES	5 130	581	502	79	4 549	3 912	543	94
TOLUCA	148 338	62 175	59 221	2 954	86 163	51 927	22 652	11 584
HOMBRES	71 014	46 879	45 176	1 703	24 135	1 856	12 812	9 467
MUJERES	77 324	15 296	14 045	1 251	62 028	50 071	9 840	2 117

La información del Cuadro I.4, sobre las personas ocupadas y desocupadas, permite hacer una evaluación de la utilización de la mano de obra, que puede servir de guía para formular políticas a corto y largo plazo.

Cuadro I.5 POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA DE 12 AÑOS Y MAS POR RAMA DE ACTIVIDAD.

MUNICIPIO	TOTAL	AGRICULTURA GANADERIA SILVICULTURA PESCA Y CAZA	INDUS- TRIA DEL PETROLEO	INDUS- TRIA EX TRACTI- VA.	INDUS- TRIA DE TRANS - FORMA - CION.	CONSTRUC CION	GENERA- CION Y DISTRIBU CION DE ENERGIA ELECT.	COMERCIO	TRANS- PORTES	SERVICIOS	GOBIERNO	INSUFICIEN TEMENTE ESPECIFICA DA
MEXICO	991 773	300 296	2 648	3 298	246 493	62 896	7 083	91 726	27 904	146 867	31 982	70 580
HUIXQUI- LUCAN	8 493	2 099	12	316	1 497	1 076	29	708	223	1 394	495	645
LERMA	8 770	4 159	2	17	1 350	765	19	666	227	645	444	476
METEPEC	8 012	2 507	7	26	2 310	390	42	696	286	1 087	151	510
OCOYOACAC	4 759	1 819	-	3	708	645	13	420	93	541	145	372
SAN MATEO ATENCO	4 410	1 232	3	4	1 661	143	3	516	90	420	39	299
TOLUCA	65 244	11 026	71	165	15 343	4 571	404	7 900	2 414	14 977	3 273	5 093

El cuadro I.5, muestra la distribución de la población económicamente activa por ramas de actividad económica, indicando cuales son las ramas predominantes en los municipios de este estudio. La comparación de estas distribuciones proporciona un indicador del nivel de desarrollo diferencial entre los municipios y posibilita la clasificación funcional de el área de influencia en estudio.

2.4 Vivienda.

Cuadro I.6 NUMERO DE VIVIENDAS Y DE OCUPANTES, SEGUN DIVERSAS CARACTERISTICAS DE LAS VIVIENDAS.

MUNICIPIO VIVIENDA(V) Y OCUPANTES (O)	TOTAL DE VIVIENDAS Y DE OCU- PANTES	CON ENERGIA ELEC- TRICA.	CON RADIO Y TELEVI- SION.	SOLO CON RADIO	SOLO CON TELEVI- SION.	CON CUAR- TO DE BA- ÑO C/AGUA CORRIENTE	CON CUARTO P/ COCINAR QUE NO SE USA TAMBIEN COMO DORMITORIO	COMBUSTIBLE USADO PARA COCINAR		
								LEÑA O CAR- BON	PETROLFO O TRACTOLINA	GAS O ELEC- TRICIDAD.
MEXICO (V)	624 250	386 513	210 146	270 437	13 019	157 906	450 250	224 377	118 590	281 283
(O)	3833 185	2421 936	1376 502	1707 909	87 082	961 444	2812 262	1337 227	724 712	1771 246
HUTXQUI- LUCAN. (V)	5 000	3 050	1 361	2 717	69	752	3 698	2 261	862	1 887
(O)	33 527	21 197	9 799	18 633	487	4 844	25 139	14 827	6 018	12 682
LERMA (V)	5 668	3 986	1 170	3 213	54	770	4 439	3 685	560	1 423
(O)	36 071	26 339	8 215	21 041	386	4 833	28 899	23 278	3 460	9 333
METEPEC (V)	4 742	3 400	1 425	2 341	146	933	3 631	1 983	1 133	1 626
(O)	31 724	23 049	10 231	16 074	1 079	5 871	24 494	12 954	7 720	11 048
OCOYOACAC(V)	3 023	2 147	541	1 778	48	477	2 335	1 998	436	589
(O)	19 364	14 303	3 833	11 552	331	3 034	15 336	12 852	2 745	3 767
SAN MATEO ATENCO (V)	2 541	1 691	605	1 525	48	256	1 912	1 235	518	788
(O)	18 140	12 682	4 920	10 985	371	2 001	13 973	8 327	3 553	6 260
TOLUCA (V)	39 507	28 142	15 552	17 115	737	15 632	30 964	13 319	5 627	20 561
(O)	239 261	173 744	99 296	103 969	4 809	93 049	190 605	79 340	34 486	125 435

El cuadro I.6, proporciona información de las condiciones de habitación y del nivel de vida de la población. Da idea de las condiciones sanitarias del medio ambiente en el que vive la población.

2.5 Niveles Socioeconómicos.

Cuadro I.7 NIVELES SOCIOECONOMICOS MUNICIPALES.

DISTRITO FEDERAL

NUM.	DELEGACION / MUNICIPIO	% Población Rural	% Población Económica mente ac- tiva del sector -- agropecua- rio.	% Población Económica mente ac- tiva que recibe me- nos del sa- lario mín.	% Salario Mínimo del Campo res- pecto al - Ingreso pro- medio del - Sec. Agrop.	% Analfa- be- tismo.	% Vivienda sin ser- vicios de agua dre- naje y -- electrici- dad.	Califica- ción Total	Nivel Socio- econó- mico.
004	CUAJIMALPA DE MORELOS	- 0 -	9	43	- 8	10	1.23	55.23	Muy Alto

MEXICO

037	HUIXQUILUCAN	34	8	76	31	14	3	166	Alto
051	LERMA	43	27	65	52	21	3	211	Medio Alto
054	METEPEC	32	10	67	39	9	3	160	Alto
062	OCOYOACAC	19	19	68	51	17	3	177	Alto
076	SAN MATEO ATENCO	29	16	71	37	17	5	175	Alto
106	TOLUCA	7	10	59	41	13	4	134	Alto

Fuente: SARH, México 1984

Basada en información del X Censo General de Población y Vivienda 1980

Respecto a:

- Población Total.
- Población Rural.
- Población Económicamente Activa Total
- Población Económicamente Activa del Sector Agropecuario.
- Población de 15 años y más por grupos quincena-
les de edad según condición de alfabetismo y sexo.
- Viviendas particulares por municipio, disponibili-
dad de energía eléctrica, agua entubada y tipo de
drenaje.

2.6 Infraestructura.

a) Carretera

En la actualidad la longitud total de la Red de carreteras y caminos en México es de 213,000 Km., constituidos por 66,000 km. de carreteras pavimentadas, - - 33,000 km. de carreteras revestidas, 63 000 km de caminos rurales, 10 000 km - de carreteras y caminos rurales en construcción y el resto con caminos cons -- truidos sin apearse a criterios estrictos de diseño y construcción y que no - son transitables en todo tiempo.

Cuadro I.8 DESARROLLO Y USO DE LOS CAMINOS EN MEXICO.

AÑO	LONGITUD TOTAL DE LA RED KM.	No. DE VEHICULOS	AUMENTO
1925		40 000	
1930	1 426		
1950	21 400	300 000	7.5
1960	41 900		
1970	71 520		
1980	213 000	5 800 000	19,3
2000		15 000 000	2,6

De la longitud de la Red, en el estado de México se distribuye de la forma indicada(V. cuadro I.9).

Cuadro I.9 LONGITUD , CAPA DE RODAMIENTO Y CLASE DE CARRETERAS EN EL ESTADO DE MEXICO.

AÑO	LONGITUD (Km)	TERRACERIA (Km)	REVESTIDAS (Km)	PAVIMENTADAS (Km)
CARRETERAS PRINCIPALES				
1978	1064	-	-	1064
1979	1083	-	3	1080
1980	1085	-	2	1083
1981	1042	-	2	1040
CARRETERAS SECUNDARIAS				
1978	3619	99	1718	1802
1979	3709	71	1597	2041
1980	3934	339	1652	1943
1981	3971	181	1652	2138
CAMINOS VECINALES, LOCALES O RURALES				
1978	2768	640	1905	222
1979	2843	805	1991	47
1980	2743	511	2065	167
1981	2800	332	2265	203

Fuente. ANUARIO ESTADISTICO DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS. S.P.P , 1984.

Analizando los cuadros anteriores, se nota un incremento tanto en volumen como en la Red, el sistema tendrá que atender a demandas cada vez mayores. Se observa en el cuadro I.9, que se incrementan las longitudes, tanto de carreteras -- como los caminos vecinales. Esto hace que se considere la reconstrucción y -- ampliación (modernización) de la longitud de carreteras principales en el Estado de México, como es el caso de la carretera en estudio.

b) Sistemas de Riego.

Cuadro I.10 SUPERFICIE DE RIEGO Y USUARIOS BENEFICIADOS POR CICLOS AGRICOLAS, DEL ESTADO DE MEXICO.

SUPERFICIE (H _a)			USUARIOS		
TOTAL	EJIDAL	PEQUEÑOS PROPIETARIOS	TOTAL	EJIDAL	PEQUEÑOS PROPIETARIOS
1979 - 1980					
17 456	13 916	3 540	14 387	11 452	2 935
1980 - 1981					
17 600	14 158	3 442	13 023	10 367	2 656
1981 - 1982					
17 751	14 387	3 364	23 969	21 482	2 487

El cuadro muestra el incremento de la superficie de riego en manos de ejidatarios y como consecuencia la disminución de particulares. Se observa que hay un aumento en los usuarios ejidatarios, beneficiados por los ciclos agrícolas.

Este factor socioeconómico es importante, dado que para la realización de un proyecto se requiere hacer el menor daño a terrenos agrícolas y menor desalojo de sus habitantes, entre otras cosas. También, hay otro factor que resulta -- determinante en el trato con ejidatarios, como lo es el costo de derecho de vía.

c) Uso del Suelo.

Del total de la superficie del Estado de México (21 461 km²) el 5% se usa en agricultura de riego; el 50% agricultura de temporal, siendo el 23% en plano - y el 27% en montaña; el 5% de pastizales dedicados a la ganadería; el 24% de bosques y selvas a la actividad forestal (bosques coníferas, pino, cedro, cedro blanco, oyamel, abeto y ciprés).

2.7 Aspectos Económicos.

a) Actividades Agropecuarias.

Cuadro I.11 CARACTERISTICAS DE LA PRODUCCION AGRICOLA, SEGUN CULTIVOS Y FRUTALES PRINCIPALES (1980-1983)

CULTIVOS Y FRUTALES	SUPERFICIE COSECHADA (Has)			RENDIMIENTO Ton/Ha.	PRODUCCION Ton.	VALOR Miles de Pesos.
	TOTAL	RIEGO	TEMPORAL			
MAIZ	677 160	132 976	544 184	2.770	1 875 435	7 464 231
CEBADA GRANO	27 755	1 252	26 506	1.757	48 773	114 031
ALFALFA VERDE	22 844	18 759	4 085	75.190	1 717 654	858 827
PAPA	18 539	1 179	17 360	12.646	234 458	973 000
FRIJOL	13 760	1 442	12 318	0.990	13 622	232 555
HABA	11 683	543	11 140	2.361	27 595	289 610
AVENA GRANO	11 625	395	11 230	2.683	31 197	147 643
OTROS	15 577	6 996	8 981			1 748 936

Cuadro I.12 PRODUCCION GANADERA, AVICOLA Y APICOLA.

Año	CABEZAS DE GANADO				AVES CABEZAS
	BOVINO	OVINO	PORCINO	CAPRINO	
1980	1 078 512	727 123	966 291	205 769	10 315 400
1981	1 099 003	732 514	990 329	211 137	16 610 960
1982	1 136 563	739 580	1 032 534	219 969	16 118 273
1983	1 159 476	694 512	1 098 376	212 286	16 117 588

En los cuadros anteriores, puede observarse que el principal cultivo en el Estado es el maíz de temporal y que representa la fuente de producción más importante del sector agropecuario. Sin embargo, esta requiere de la mayor superficie cosechada.

En la producción ganadera y avícola se observan cambios variables en los últimos años; notándose una disminución en las aves, una caída parcial del hohino y caprino, aunque en el último año se recuperaron y, el porcino tiende al aumento.

b) Desarrollo Industrial.

En el período 1945-1951, se otorgaron concesiones con una inversión de \$ 521,5 millones. De los 13 municipios en donde se otorgaron franquicias están Toluca, Lerma y Metepec.

De 1951 a 1957 se puso énfasis en la industrialización del Valle de Toluca.

De 1957 a 1963 se reformó la Ley para brindar mayores atractivos en las zonas alejadas del Valle de México y se puso especial interés en atraer a territorio del Estado a las plantas automotrices (Automex, General Motors, Ford y Promexa). Al final de este período la inversión ascendía a \$ 8,010 millones.

En 1970 se formuló una panorámica socioeconómica de la entidad. Las empresas industriales de transformación eran ese año 10,708 con un capital total de - - \$ 10,498 millones.

De las 2,096 grandes industrias de transformación 1,840 se localizan en sólo 5 municipios y tienen un capital de \$ 9,840.2 millones. De los cuales se tienen en los municipios de Toluca y Lerma; 81 industrias con \$ 1,402.1 millones y 30 industrias con \$ 285.0 millones respectivamente.

A partir de 1971 el Gobierno del Estado modificó su política de fomento, sustituyendo las exenciones fiscales por la prestación de una serie de servicios y el otorgamiento de facilidades de toda índole.

En 1974 el valor de la producción industrial, incluidas todas las ramas, ascendió a \$ 60,200 millones; el personal empleado a 474 mil personas, y los sueldos

y salarios pagados a \$ 9,450 millones.

Actualmente, junto con el D. F., el Estado de México forma un complejo industrial que genera el 40% de la producción de todo el País, en bienes y servicios; y en esa área se aloja casi la quinta parte de la población Nacional.

La principal es la industria de transformación y dentro de ella es la de mayor relevancia la fabricación de productos químicos. La segunda las industrias metálicas y la tercera a la industria textil. Le siguen la de construcción y reparación de maquinaria, aparatos y accesorios eléctricos, la industria de elaboración de papel y productos de papel y la industria manufacturera de alimentos, la industria de ensamble y reparación de vehículos y la fabricación de sus partes.

De las 3 zonas industriales del Estado, la zona oeste es la segunda en importancia. Esta zona está formada por los municipios de estudio de Toluca, Lerma, Huixquilucan y San Mateo Atenco.

2.8 Comunicación.

Esta región se encuentra en la actualidad regularmente comunicada por dos carreteras federales; una que parte de la avenida Constituyentes y Reforma hacia Toluca, con una longitud de 65 km.

La otra que sale de Naucalpan hacia Toluca, con una longitud de 63 km. También cuenta con vía de ferrocarril (México-Morelia), con estación intermedia en Toluca. Por vía aérea hay 2 vuelos irregulares en avioneta de 4 a 5 plazas.

I.3 VOLUMENES DE TRANSITO.

El conocimiento de los volúmenes de tránsito, es básico para evaluar el movimiento vehicular, debido a que proporciona una escala de comparación, mostrando la importancia relativa de las distintas obras, interviniendo en la planeación, en el diseño de carreteras, en la estimación de la recuperación de la inversión para un determinado proyecto; así también interviene en el establecimiento de prioridades para la conservación y modernización de caminos ya existentes.

Actualmente, se cuenta con información suficientemente confiable que obtiene la Dirección General de Servicios Técnicos a través de sus Unidades Estatales de Ingeniería de Tránsito. Los datos que se obtienen de los aforos, se representan en un listado donde se indica en primer lugar el nombre de la carretera y su número de ruta, inmediatamente después el lugar (punto generador de tránsito), el km del lugar, el tipo de estación: (si tiene el Núm 1 indica que el aforo fue efectuado antes del punto generador, 2 si el aforo fue efectuado en el -- punto generador y, 3 si el aforo fue efectuado después del punto generador) y por último, el tránsito diario promedio anual (TDPA) y la composición vehicular en por ciento de automóviles, autobuses y camiones (A%, B% y C% respectivamente).
V. Cuadro I.13.

Varias son las carreteras que ya rebasan los 20,000 vehículos diarios de promedio anual, tales como México-Toluca, México-Puebla, México-Cuernavaca, acceso a Acapulco, etc. que requieren atención especial, y hay unos 11,000 km. que están operando deficientemente con más de 5.000 veh. por día. Estos casos son la base del programa de modernización de carreteras de la SCT, en el que hay tramos susceptibles de ser mejorados en sus niveles de servicios y demás condiciones de operación mediante la construcción de túneles.

Cuadro I.13 VOLUMENES DE TRANSITO DEL TRAMO DE CARRETERA MEXICO- LA MARQUESA.

LUGAR	KM.	T. E.	TRANSITO DIARIO PROMEDIO ANUAL (TDPA)									
			1980	A%	B%	C%	1981	1983	1985	1990	1995	2000
Entronque Constituyentes y Reforma.	12 + 845	3	52 470				57 190	66 640	76 080	99 690	123 304	146 920
T. Der Laboratorios Syntex	13 + 600	3	48 800				53 190	61 980	70 760	92 720	114 680	136 640
Universidad Internacional de México. i= 8.89, 9%	16 + 360	1	41 850				45 620	53 150	60 680	79 520	98 350	117 180
T. Der. Cuajimalpa	20 + 640	1	33 670				36 700	42 760	48 820	63 970	79 210	94 280
T. Izq. Desierto de los Leones	23 + 960	1	29 034	79	10	11	31 060	35 130	39 200	49 360	59 520	69 680
T. Izq. Desierto de los Leones.	23 + 960	3	26 521				23 380	32 090	35 800	45 090	54 370	63 650
T. Der. Huixquilucan i= 6.97%	33 + 980	1	25 410	81	9	10	27 190	30 750	34 300	77 200	52 090	60 980
T. Izq. Chalma 7%	34 + 340	1	19 506	81	9	10	20 870	23 600	26 330	33 160	39 990	46 810

Fuente: DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES.

i= km 12 + 845 al 20 + 640, 9%

i= km 23 + 960 al 34 + 340, 7%

I.4. DERECHO DE VIA.

El derecho de vía de una carretera es la faja que se requiere para la construcción, conservación, reconstrucción, ampliación, protección y en general para el uso adecuado de esa vía y de sus servicios auxiliares. Su ancho será el requerido para satisfacer esas necesidades.

4.1 Costo del Derecho de Vía.

El costo del derecho de vía es un concepto involucrado en el costo anual de transporte, este último es primordialmente la base para la comparación de alternativas de ruta. Los otros conceptos son: velocidad de proyecto, costo de proyecto, costo de construcción, costo de operación y costo de conservación.

El concepto del costo del derecho de vía puede variar ampliamente dependiendo del uso actual o potencial del terreno, y se divide en costo de la tierra en sí y en el costo de los llamados bienes ajenos de la tierra, que incluyen cercas, cultivos, canales, edificaciones, etc.

Este concepto es el que más incide en el costo de los proyectos carreteros a cielo abierto, no sólo cuando se alojan en zonas de alto valor comercial, sino porque frecuentemente los propietarios o posesionarios presentan dificultades legales y de otro tipo para la obtención de los terrenos necesarios, lo que produce retrasos y encarecimientos de las obras.

4.2 Problemas de Derecho de Vía.

Se relacionan a continuación los problemas y convenios celebrados por afectaciones del derecho de vía en la carretera México-Toluca, tramo La Venta-La Marquesa. Los kilometrajes están referidos con origen en La Marquesa (km 0 + 000).

a) Del km 0 + 000 al 3 + 000 se afecta los terrenos del Ejido San Jerónimo Acazulco, existiendo del km 1 + 300 al 2 + 000, terrenos usufructuados por ejidatarios del poblado Atlapuco, Estado de México, quienes efectúan la explotación turística desde hace 50 años a la fecha.

Dentro de esta zona, a partir del km 1 + 300 al 3 + 068, se encuentra el - - Parque Nacional Miguel Hidalgo "La Marquesa" a cargo de la Subsecretaría Forestal y de la Fauna, de la SARH.

Los ejidatarios de San Jerónimo Acapulco, permiten la construcción de los trabajos mediante la modificación de la línea originalmente proyectada, recorriéndola 130 m. a la derecha en el sentido del cadenamiento (la línea se modificó entre los km 1 + 300 al 2 + 140) y la construcción de una gasolinera, un restaurant el que proporcionan los cimientos, juegos infantiles y pasos a desnivel necesarios para peatones y ganado.

Los habitantes de Atlapulco y pequeños comerciantes de La Marquesa suspendieron los trabajos de derribo de árboles, para la ejecución del camino, del km 1 + 300 al 2 + 140, solicitando que se les terminara el camino a Playa de Conejos - con longitud de 4.6 km y que parte del km 32 + 320 de la carretera México-Toluca.

b) Del km 3 + 000 al km 8 + 560 se localiza el Ejido de San Lorenzo Acopilco, aquí existen mantos acuíferos que mediante obras de captación y entubamiento que han construido los ejidatarios con sus propios recursos, utilizan para el agua - potable de su comunidad y para otros servicios.

La construcción de las terracerías afectó varios manantiales, tales aguas fueron captadas y conducidas para el mismo uso a costa de la SCT; se hicieron estudios necesarios que garantizan que no se alterará el volumen de agua que aportan estos escurrimientos, se notificó a los afectados que se construirán alcantarillas, canalizaciones, sifones, cajas de captación, etc. Sin embargo, por el concepto de los manantiales, los ejidatarios, con el apoyo de la SARH, detuvieron oficial y físicamente las obras durante un año, argumentando que según el proyecto original las obras podrían dejarlos sin agua, y que tal proyecto debía cambiarse. Tal como sucedió posteriormente.

Se llevaron a cabo otros convenios con esta comunidad; una vez efectuado el marcaje de los árboles afectados por la obra, según señalamiento de la Dirección Forestal de la SARH, la SCT deja en libertad a los comuneros a través de sus representantes para el uso y destino del aprovechamiento de la madera, en propio beneficio. En cuanto a los recursos naturales de origen mineral, metálicos o no metálicos (ejemplo bancos de materiales, etc.) que se llegase a descubrir con la cons

trucción de esta carretera, propios para la ejecución de la misma, y de acuerdo a las necesidades de la propia construcción, serán comprados por la SCT a la -- comunidad a través de que representantes comunales. La Secretaría se compromete a que los camiones y comuneros, sean contratados prioritariamente en la obra.

c) Del km 8 + 560 al 9 + 000 es propiedad de la fábrica de papel Peña Pobre, que con la intervención de la Delegación Política de Cuajimalpa, D. F. los propietarios permiten la ejecución de los trabajos.

d) Del km 9 + 000 al 10 + 800, hasta ahora no hay problemas relevantes en - cuanto a este concepto.

CAPITULO II
RELACION DE LOS ESTUDIOS TECNICOS REALIZADOS

Resulta importante llevar a cabo las investigaciones geológicas, geofísicas y geotécnicas lo más detalladamente posible, ya que es indispensable para una mejor y más económica ejecución de la obra. Este tipo de investigación brinda apoyo fundamental y se vincula a las etapas de anteproyecto, proyecto, construcción e incluso operación.

II.1 ESTUDIOS GEOLOGICOS

1.1 Localización.

La zona de estudio se localiza al suroeste de la Ciudad de México, sobre la carretera Federal México-Toluca, entre los paralelos 19°10' y 19°30' latitud norte y los meridianos 99°10' y 99°30' longitud oeste de Greenwich, entre el Parque Nacional "La Marquesa" en el Estado de México y al sur de Cuajimalpa de Morelos en el D. F. (detenal El 4 A039)

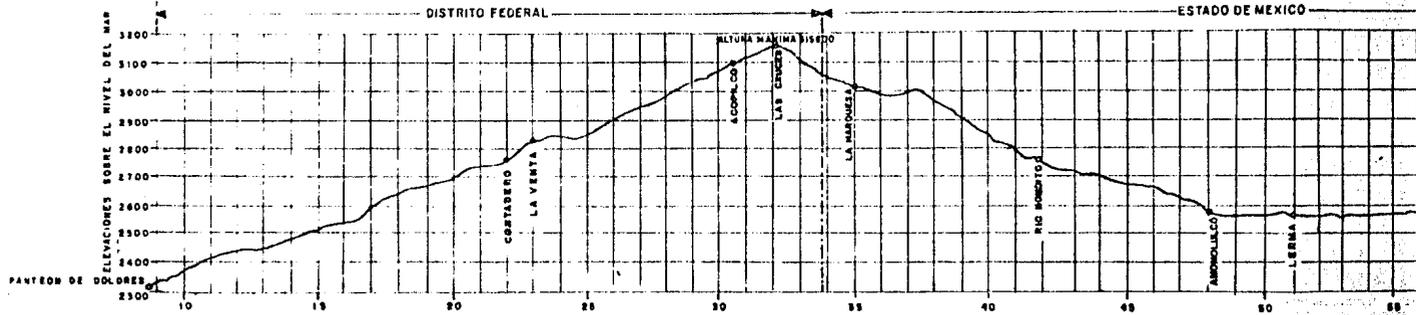
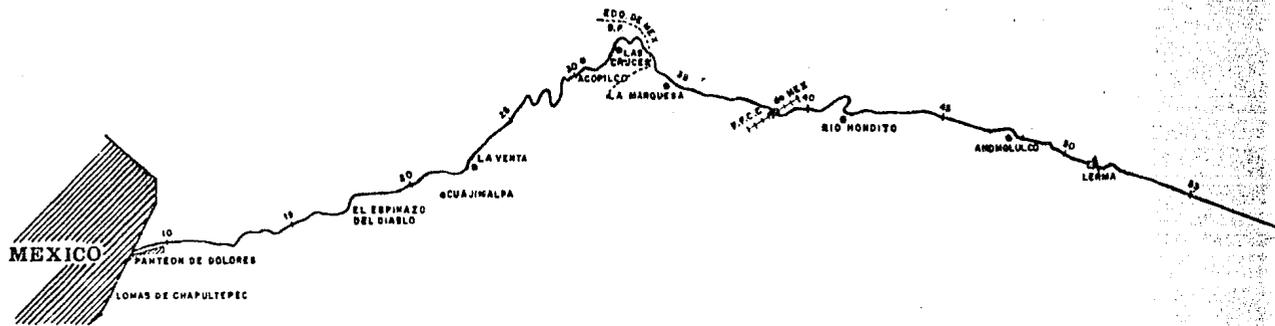
1.2 Topografía.

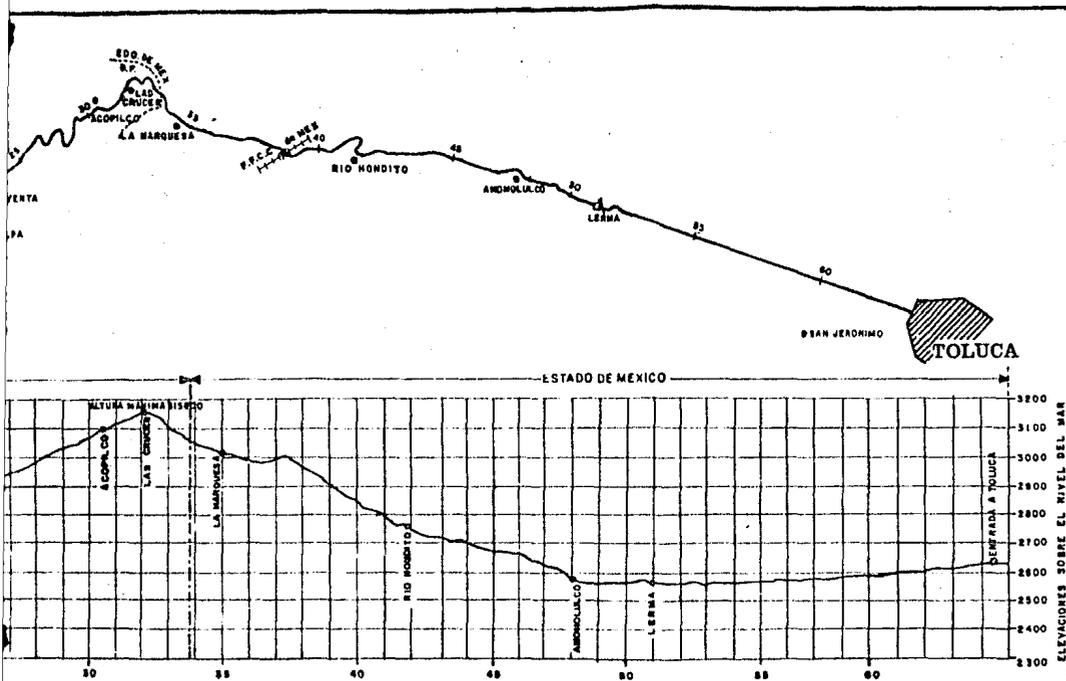
Considerando las condiciones geomorfológicas del terreno en el que se aloja el proyecto y trazo, se observa que el tramo por construir presenta tres formas de relieve, que descritos en porcentajes comprenden a: terreno plano 10% (del km 0 + 000 al km 1 + 500, con origen en La Marquesa); lomerío suave a fuerte 20% (del km 1 + 500 al km 1 + 800 y del 8 + 500 al 9 + 000); y montañoso escarpado 70% - (en el resto del tramo).

Las alturas sobre el nivel del mar fluctúan entre los 2900 y 3150 m.s.n.m., siendo las zonas más altas el Desierto de los Leones y Las Cruces del orden de 3100 m.s.n.m. (v. fig. II.1)

1.3 Climatología.

El clima es variable dependiendo del lugar, pues la zona estudiada comprende pequeñas planicies y sierras en su mayoría. En la planicie que es el área más densamente poblada y en la que se localiza La Marquesa y poblados aledaños, tiene





U.N.A.M. FACULTAD DE INGENIERIA
SEMINARIO DE TESIS
PLANO DE ELEVACIONES CARRETERA MEXICO-TOLUCA TRAMO LA VENTA - LA MARQUESA
FIGURA E.1

clima templado lluvioso, con lluvias en verano, temperatura máxima extrema de 26.8°C y mínima extrema de -3°C, la precipitación anual alcanza 1041 mm, y la vegetación es de pradera caracterizada por plantas herbáceas.

El clima en las partes altas (sierras) es templado con lluvias todo el año, temperatura máxima extrema de 30°C y mínima extrema de -9°C, la precipitación anual es de 1362 mm y vegetación predominantemente conífera.

Cuadro II.1 DENSIDAD DE BOSQUE.

MUESTREO DE AREAS DE 5000 m² DEL KM 9+130 AL KM 10+000

área de muestreo	5000 m ²
especies	pinos y oyameles
No. de árboles	875 pzas. (Prom.)
diámetro	40 cm (prom.)
altura	25 m (prom.)

Fuente: D.G.C.F., SCT, junio de 1985

1.4 Drenaje.

La zona en donde se desarrolla el proyecto del tramo de carretera en estudio, presenta un drenaje superficial del tipo subparalelo y dendrítico raro.

Debiendo tener en cuenta que del funcionamiento de las obras menores y complementarias de drenaje, dependerá en gran parte el comportamiento de las distintas capas que formarán la estructura del pavimento.

Durante el estudio se detectaron zonas con nivel de aguas freáticas cercano a la superficie, que pueden provocar problemas de saturación de los suelos que constituyen las terracerías o de las que integran la estructura del pavimento, siendo estas zonas del km 2+700 al km 2+950, del km 3+750 al km 3+920 en donde superficialmente y en la época que se efectuó el estudio se observaron flujos superficiales; sin embargo debido a que en general es sierra, es de esperarse

que durante la construcción aparezcan flujos en la mayor parte del tramo (del km 1+200 al km 8+500) por lo que se deberán tener las precauciones debidas para captar los flujos.

1.5 Hidrografía.

La corriente principal que drena el valle de Toluca lo constituye el río Lerma, cuyo origen está en la Laguna de Almoloya del Río; tiene un desarrollo de 125 km en territorio del Estado de México, alimentado por varios manantiales y forma en las cercanías del Poblado de Lerma, la ciénega del mismo nombre; su curso tiene una dirección NW y recibe por ambos márgenes numerosos afluentes. Está considerado del régimen permanente y de meseta.

En las sierras, la red hidrográfica está bien desarrollada y la configuración del drenaje es variable, destacándose los tipos dendrítico de ralo a denso, paralelo y radial, este último es característico de los conos volcánicos.

1.6 Fisiografía y Geología Regional.

La región presenta una morfología variada en la que destaca una estructura denominada Valle del Alto Lerma con orientación NNW-SSE originada por efectos del -- volcanismo que la zona ha sufrido; mostrándose además conos volcánicos, encontrándose algunos acantilados formados por fallas y planicies de aluvión.

Geológicamente está constituida por rocas ígneas extrusivas, representadas por andesitas (formación Las Cruces) es color gris y rosado y algunos derrames basálticos. Depósitos piroclásticos en las zonas superficiales y sobre los flancos de la Sierra de Las Cruces. El nombre de formación Las Cruces fue propuesta para una serie de lavas y brechas que afloran entre el Valle de Lerma y el Valle de -- México.

Estas rocas volcánicas, se agrupan dentro de la serie andesítica de la formación de Las Cruces y de la Sierra Nevada, siendo de edad terciaria y que divide al Valle de Toluca y la cuenca Lacustre de la Ciudad de México.

Generalmente la andesita predomina sobre el basalto y constituye fundamentalmente el sistema montañoso de la zona, encontrándosele superficialmente en muchos luga-

res en forma de buenos afloramientos, en los que se pueden observar fracturas - verticales y horizontales, ocasionados por movimientos tectónicos y volcánicos que de antaño se registraron; en otros sitios se encuentran enmascarados por espesores desconocidos de toba andesítica y/o suelos de carácter limo-arenoso.

En las pequeñas planicies los suelos que predominan son los de tipo arcillo-arenoso y arcillo-limoso (CL) (Formación Tacubaya) de baja o alta plasticidad, en ciertas zonas cercanas a los lomeríos constituidas por tobas areno-arcillosas, en la parte sur y suroeste los suelos son de tipo limo-arenoso (ML). Todos estos suelos se formaron y se formaran por erosión fluvial de las partes altas cercanas.

El Túnel La Venta cruzará la porción superficial del flanco oriente de la sierra de Las Cruces, donde se tendrá tobas volcánicas en fragmentos de rocas andesíticas mayores de 0.3 m^3 en tamaño y de horizontes tobaceos mezclados con brechas de granulometría de 1" de artista.

La zona netamente tobacea se encontrará al centro del sitio donde pasará el túnel y a ambos flancos se tendrán las brechas y posiblemente se encontrarán bloques andesíticos mayores de 30 cm empaquetados en tobas.

II.2 ESTUDIOS EJECUTADOS Y POR EJECUTAR EN EL TUNEL "LA VENTA".

Los métodos de exploración aplicados en el túnel La Venta aparecen en la tabla II.1.

Tabla II.1 ESTUDIOS PREVIOS

Métodos	{ Fotointerpretación	
Indirectos	{ Geofísicos	— Geoeléctrico de Resistividad
Métodos	{ Geológicos	{ Denisson (barril)
Directos	{ Perforación y muestreo	{ NX (barril)
Instrumentación	{ Convergencia	
	{ Extensometría	

2.1 Teoría General de la Resistividad.

Se ha empleado el método de la resistividad en su modalidad de sondes eléctricos verticales (SEV), mediante el arreglo electródico Schlumberger (v. fig. II.2). Esta técnica consiste básicamente en medir la diferencia de potencial eléctrico (ΔV), que se produce entre los electrodos MN, cuando se hacen circular pulsos de corriente directa (I), conmutada por el subsuelo mediante electrodos AB. Las variaciones de resistividad aparente ρ_a , en función de la distancia electródica $AB/2$ permiten investigar verticalmente el subsuelo bajo el punto central del arreglo del SEV. La curva de resistividad aparente obtenida en el campo es graficada en hojas de papel bilogarítmico, a un ciclo logarítmico especial, para ser superpuestas y comparadas con familias de curvas teóricas. La combinación de este procedimiento con la técnica del "punto auxiliar" conduce a la determinación de un modelo geoeléctrico estratificado para cada curva de ρ_a , definida por los parámetros de espesor y resistividad de las capas.

La calidad de un modelo es verificada con el programa de computadora O'NEILLGRA-82; que calcula la curva de resistividad aparente a partir de la convolución de un filtro matemático con la función de una resistividad del modelo, permitiendo con ello mejorar los modelos hasta alcanzar el óptimo ajuste con la curva de campo, para lo cual no debe tolerarse divergencias mayores al 10% (v. fig. II.3). La correlación de los modelos geoeléctricos sobre las secciones se realizó considerando la geolo-

gía superficial disponible.

fig. II.2 Dispositivo Schlumberger.

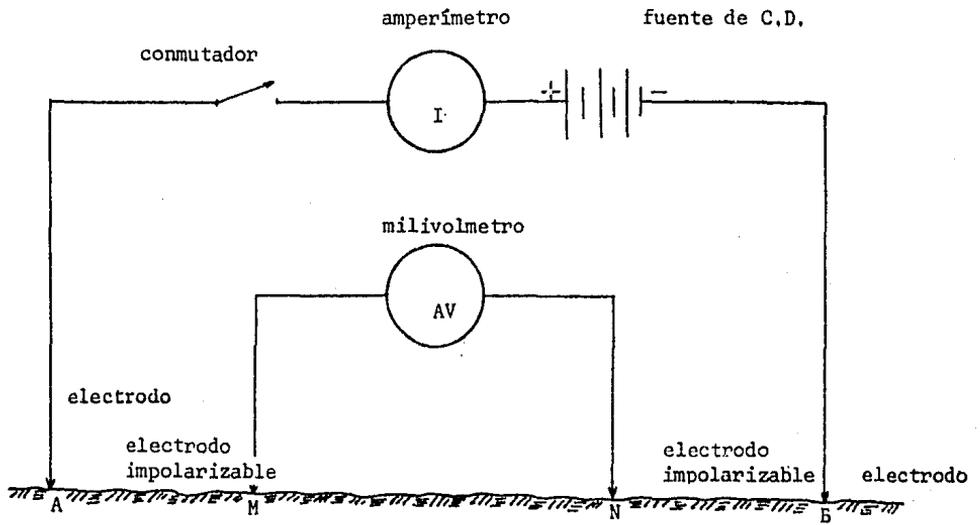
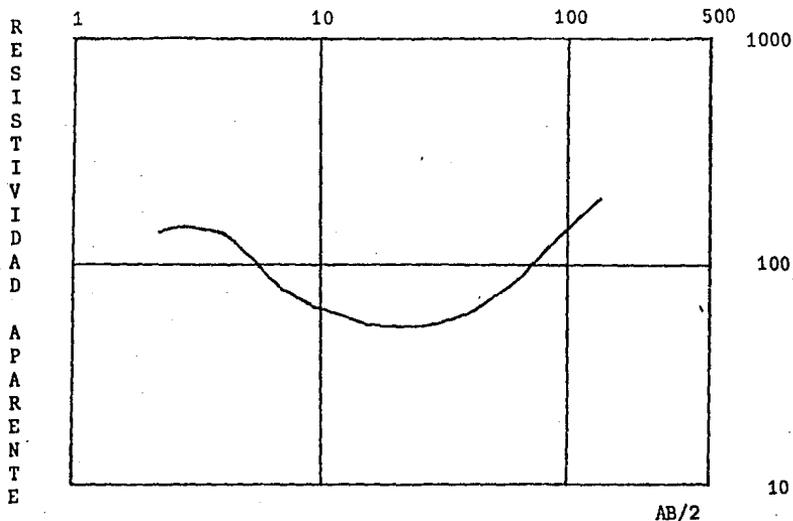


fig. II.3 CURVA DE RESISTIVIDAD APARENTE.

Fecha 31 de agosto 84 SEV No 1-A Cadenamiento 7 + 940 D



INTERPRETACION	AB/2	rho campo	rho computado
RHO1= 120 OHM-M	2.2	160	144
RHO2= 240 OHM-M	3.2	170	142
RHO3= 54 OHM-M	4.6	119	123
RHO4= 250 OHM-M	6.8	86	98
RHO5= 1000 OHM-M	10.0	68	71
P1 = 0.85 M	14.7	59	60
P2 = -2.0 M	21.5	59	58
P3 = 42 M	31.6	58	58
P4 = 75 M	46.4	69	66
	68.1	91	81
	100.0	121	109
	146.8	190	150

error (%) 7.1

2.2 Estudios Geoeléctricos.

Objetivo:

Definir las características del subsuelo por métodos indirectos, que habrá de atravesar el corte para la realización de dos túneles carreteros, entre los cadenamientos 7 + 585 al 7 + 940 del tramo La Venta-La Marquesa.

Método:

Consistió en la realización de 18 sondeos eléctricos verticales (SEV) con una abertura máxima entre electrodos de corriente AB=300 m.

Resultados Preliminares:

En base a las observaciones geológicas superficiales y al levantamiento geofísico (interpretación de los SEV) se formaron dos secciones, una en cada eje del túnel, las cuales se describen a continuación.

a) Interpretación geoeléctrica del cuerpo izquierdo.

Como primera capa geoeléctrica se ha detectado a la U_1 formada por suelos con espesores de hasta 6m con resistividad que van de 90 a 570 ohm-m.

La siguiente capa geoeléctrica se encuentra formada por la U_2 constituida por tobas, con resistividades que oscilan entre 42 ohm-m a 160 ohm-m con espesores de hasta 40 m.

Entre los SEV 18 I y 15 I se detecta la U_3 formado por boleos empacados en tobas con espesores supuestos, hasta de 50 m ya que en esta sección no fue posible detectar la base de esta Unidad; las resistividades de este paquete geoeléct-

trico van de 210 a 290 ohm-m.

Subyaciendo a las tobas, entre los SEV 15 I a 13 I se detectó la U_4^I con resistividades entre 8 y 88 ohm-m formado por una andesita fracturada y alterada con un alto contenido arcilloso, en contacto lateral con una andesita fracturada y alterada U_4 con valores de resistividad entre 180 a 300 ohm-m y un espesor máximo de 50 m.

Subyaciendo a la U_3 se detectó a la U_4 bajo los SEV 18 I y 14 I con una resistividad detectada de 480 ohm-m.

El basamento geoelectrico está formado por la U_5 compuesto por andesita sana y alterada con resistividades calculadas hasta de 1250 ohm-m.

b) Interpretación geoelectrica del cuerpo derecho.

La U_1 formada por suelos, presenta resistividades entre 85 y 840 ohm-m con espesor promedio de 8 m.

Las tobas de la U_2 tienen un espesor máximo de 50 m con resistividades entre 48 y 120 ohm-m. Entre los SEV 9 D y 7 D se detecta la U_3 formada por los boleos grandes con resistividades entre 150 y 200 ohm-m. La U_4 en esta sección presenta resistividades que van de 200 a 480 ohm-m con un espesor máximo de 70 m detectados bajo el SEV 9D. Entre los SEV 5D y 4D se detecta, bajo las tobas U_2 , a la U_4^I formada por la andesita alterada y fracturada con un alto contenido de arcillas y resistividades de 59 a 70 ohm-m.

El basamento geoelectrico se forma por la andesita sana y fracturada con resistividades calculadas de 1000 ohm-m.

2.3 Exploración Directa.

Tomando en consideración los resultados de los sondeos de exploración, así como los datos obtenidos con los sondeos de resistividad eléctrica y los datos de geología superficial obtenidos durante una visita de inspección en el campo, se elaboró un perfil geológico del túnel (v. fig. II.4.).

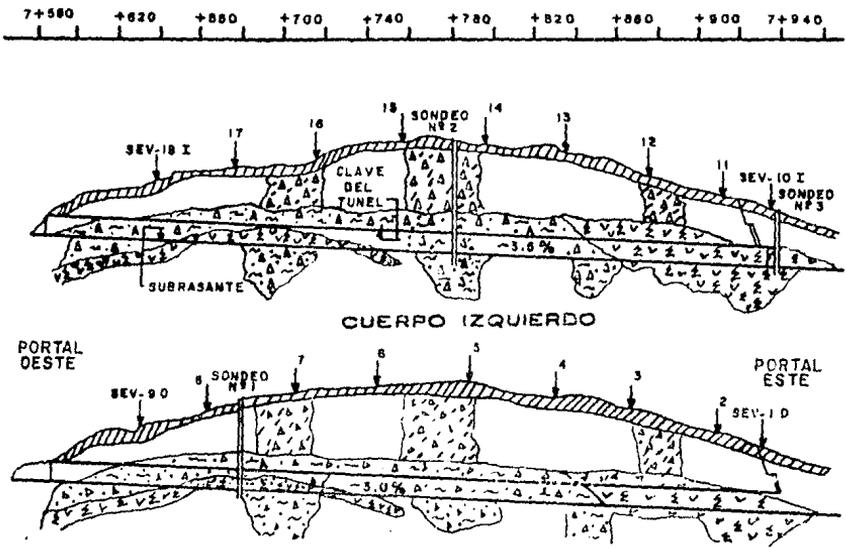
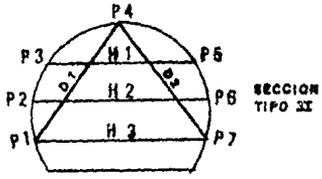
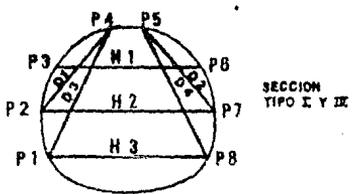


FIG. II 4. PERFIL GEOLOGICO DEL TUNEL

CUERPO DERECHO

- LIMO ARCILLOSO
- BRECHA ANDESITICA INTEMPERIZADA CON GRAVA Y FRAGMENTOS DE ANDESITA
- BRECHA ANDESITICA MUY INTEMPERIZADA CON FRAGMENTOS Y BLOQUES AISLADOS DE ANDESITA EMPACADOS EN ARENA LIMOSA
- ANDESITA POCO ALTERADA Y FRACTURADA



CONVERGENCIA Y EXTENSOMETRIA

FIG. II 5. INSTRUMENTACION

El análisis del plano geológico indica la presencia en superficie de una capa de limos arcillosos de color rojizo cuyo espesor varía entre 3 y 5 m máximo. - Esta capa es correlacionable con la que en los sondeos eléctricos resultó tener resistividades comprendidas entre 90 y 570 ohm-m.

Subyaciendo a esta capa, se encuentran lavas y brechas andesíticas sumamente intemperizadas que se presentan como limos arenosos con fragmentos de roca. Esta capa se encontró en el sondeo No. 2 hasta los 31.60 m. de profundidad, mientras que en los sondeos Nos. 1 y 3 se encontró hasta los 18.60 y 18.10 m respectivamente.

En el sondeo No. 1 los fragmentos de roca contenidos en estos materiales obligaron a la utilización de broca NXL para su perforación. En los otros dos sondeos la roca intemperizada se atravesó con barril Denisson.

Debido al intemperismo de estos materiales, no fue posible diferenciar las brechas de las lavas andesíticas. Estas rocas se pueden correlacionar con los materiales que presentan resistividades eléctricas comprendidas entre 42 y 160 ohm-m.

Subyaciendo a los materiales intemperizados se encuentra en los sondeos 1 y 2 - una brecha andesítica con matriz arenosa intemperizada, que presenta en el sondeo No. 1 la intercalación de una colada de lava de 3 m de espesor, mientras que en el sondeo No. 3 se encuentra una andesita poco alterada y fracturada. No se cree que la colada de lava observada en el sondeo No. 1 tenga extensión, ya que a lo largo de la carretera a Toluca se observan condiciones similares. Es decir, brechas andesíticas con intercalaciones de pequeñas coladas de lava.

Las brechas andesíticas presentan una matriz arenosa y limosa, aunque dentro de la masa rocosa se podrían encontrar pequeñas zonas con materiales sueltos. Las andesitas del sondeo No. 3 se presenta fracturadas por lo que se cree que el uso de explosivos será esporádico. Las brechas y lavas andesíticas se pueden correlacionar con las rocas que presentan resistividades entre 53 y 600 ohm-m.

Siendo que el clima de la zona se puede definir como super húmedo y semifrío, -

con precipitaciones medias anuales de 1362 mm, el agua proveniente de la infiltración podrá alcanzar los niveles de excavación del túnel, ya que la exploración no detectó el NAF. En términos de exploración, el porcentaje de recuperación total fue de 68.27, 60.00 y 74.00 para los sondeos 1, 2 y 3 respectivamente.

2.4 Convergencia y Extensometría.

Han sido programadas estaciones de medición de convergencias con intervalos de 20 m a lo largo de ambos túneles, incluyendo dos estaciones de extensometría.

La instrumentación en cuanto a convergencias se refiere, consta de 3 hilos horizontales y 4 diagonales que funcionan inmediatamente después de producirse la primera excavación por etapas (etapa 1). Así, mientras que este procedimiento de excavación sea requerido, la simultaneidad entre excavación e instrumentación continúa (v. fig. II.5.).

Tales efectos tendrán aplicación en la llamada sección tipo I, mientras que para la sección tipo II la instrumentación, de igual forma, ha sido íntimamente ligada al procedimiento de conminución lográndose un desarrollo integral de información durante el avance.

Objetivo.- Dado que el proyecto fue realizado pensando en los principios del Nuevo Método Austriaco, permitiendo un dimensionamiento económico de los elementos soportantes de construcción, dada la flexibilidad en la selección de tales elementos, éste deberá estar apoyado firmemente en las mediciones geomecánicas. Así, se pueden plantear los siguientes objetivos:

- Proporcionar los elementos que permitan garantizar la seguridad de la excavación.
- Favorecer la toma de decisiones respecto al tipo, profusión y resistencia del soporte temporal.
- Conocer la naturaleza y tratar de cuantificar la presión del terreno; en su caso, la profundidad de la zona plastificada.

- Obtener las bases para ajustar el diseño del revestimiento definitivo respecto al comportamiento observado.

- Comparar predicciones teóricas con comportamientos reales.

2.5 Muestreo dentro del túnel.

Se extraerán muestras directamente de la paredes o la clave durante la ejecución de los trabajos correspondientes a la excavación.

De las muestras que han sido extraídas de la exploración directa, uno de cuyos objetivos es la elaboración del perfil geológico, se programaron y ejecutaron pruebas de compresión simple a índice de absorción.

Para el primer sondeo se hallaron esfuerzos máximos y mínimos de 904 y 29.9 kg/cm² respectivamente e índice de absorción relativamente bajos de 6 a 7%.

Para el segundo sondeo, resultaron sensiblemente mas bajos, con esfuerzos máximos y mínimos de 144.7 y 7.0 kg/cm². La variación sufrida por el índice de absorción, 14 y 21%, fue notablemente en aquellos materiales designados como aglomerados.

El sondeo No. 3, con esfuerzos máximos y mínimos de 487 y 18.3 kg/cm² e índices de absorción similares a los mostrados en el sondeo uno.

Las curvas esfuerzo-deformación proporcionadas por la prueba de compresión simple, dan una primera idea del valor del módulo de elasticidad propio del material.

Por otro lado, el índice de absorción es un índice cualitativo que muestra la capacidad de absorción del material en cuestión.

II.3 ESTUDIO GEOTECNICO PARA LA PAVIMENTACION.

3.1 Trabajos de Campo y Laboratorio.

Con objeto de ubicar los bancos de materiales que se proponen, para formar la estructura del pavimento, se realizaron estudios de suelos y/o rocas de cada uno de ellos a lo largo de la línea de trazo. Dichos estudios consistieron en muestras de los materiales, mediante sondeos a cielo abierto para efectuarles a cada una de las muestras obtenidas las pruebas de calidad que se requieren, de acuerdo con las especificaciones generales de construcción de la S.C.T.

Al final de este punto se muestran los resultados de los ensayos de laboratorio, realizados a los materiales de los bancos estudiados, así como su croquis de localización, capacidad del banco y clasificación del material.

3.2 Interpretación de los Resultados de Laboratorio.

De acuerdo con los resultados obtenidos en los materiales de los bancos, así como las mezclas de suelos que se proponen para ser empleados en la construcción de las capas que formarán el pavimento de este tramo de carretera, al final de este punto se indican los cuadros de los bancos de materiales que deben emplearse para la construcción del pavimento, ya que son los que presentan buenas características físicas, de acuerdo con las especificaciones generales de construcción de la S. C. T.

3.3. Selección de los Bancos de Materiales.

De acuerdo con los estudios geológicos de la región, efectuados primero por foto-interpretación, se eligieron las zonas probables de donde se podrían extraer materiales para la construcción del pavimento, los cuales por medio de estudios geotécnicos y atendiendo a los volúmenes de materiales que se requieren, así como lograr las menores distancias de acarreo de los mismos, a las condiciones más económicas de explotación, se eligieron los bancos para emplearse en las capas que integrarán la estructura del pavimento del tramo de carretera que se estudia. Los bancos de materiales que se van a emplear en la construcción del pavimento se relacionan a continuación.

Cuadro II.2. BANCOS DE MATERIAL

BANCO	MATERIAL	UTILIZACION	VOLUMEN EXPLO- TABLE (m ³)	TRATAMIENTO PROBABLE
Núm. 1. Nestlé	Andesita Fracturada (RIE)	Base Estabilizada	378,000	Trituración total y cribado a tamaño máximo de 38.1 mm (1 1/2")
Núm. 2 Marquesa	Arena Limosa (ML)	Cementante y Te - rraplén	no determinado	Disgregado
Núm. 3 Valverde	Aglomerado Andesítico	Sub-base y Base Estabilizada	90,000	Cribado a tamaño máximo de 37.5 mm.
Núm. 4 El Zarco	Conglomerado Andesítico	Sub-base	378,000	Cribado a tamaño máximo de 37.5 mm.
Núm. 5 Tepecuache	Aglomerado Andesítico	Sub-base Base	80,000	Cribado a tamaño máximo de 37.5 mm.
Núm. 6 Cuaajimalpa	Aglomerado Andesítico	Sub-base, Base y Capa Rompedora de Capilaridad	1'200,000	Cribado para sub-base y base a tamaño máximo de 37.5 mm.
Núm. 7. Majesa	Aglomerado Andesítico, se obtendrá grava y arenas limosas (GP-ML)	Carpeta de Concreto Asfáltico	800,000	Trituración parcial y cribado a tamaño máximo de 19.1 mm (3/4")
		Riego de sello		Trituración parcial y cribado a para obtener material 3-E
Núm. 8 Campuzano	Aglomerado Andesítico, se obtendrá grava y arenas limosas (GP-ML)	Sub-base y base	800,000	Trituración parcial y cribado a tamaño máximo de 38.1 mm (1 1/2")
		Riego de sello		Trituración parcial y cribado para obtener material 3-E
Núm. 9 Minas de Jaltepec	Brecha volcánica (tezontle negro)	Capa Rompedora de Capilaridad	250,000	Cribado para obtener material de tamaño máximo de 3".
Núm. 10 Mina La Estancia	Brecha volcánica	Capa Rompedora de Capilaridad	1'000,000	Cribado para obtener material de tamaño máximo de 3".

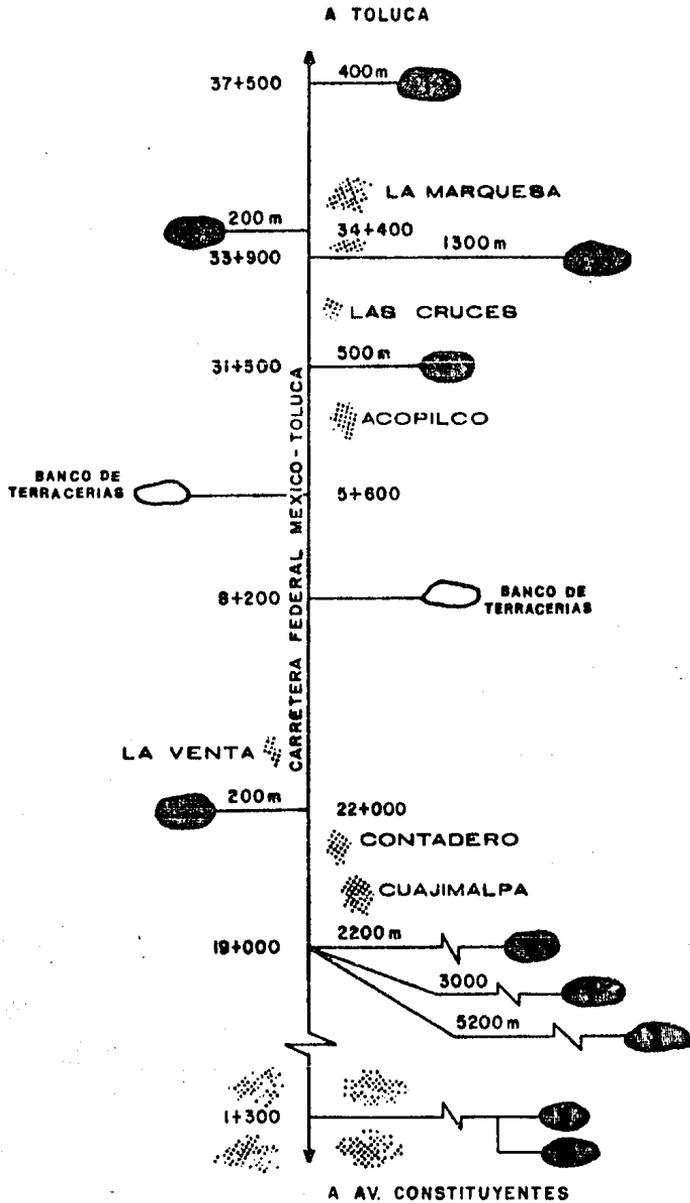


FIG. II. 6. UBICACION DE BANCOS DE MATERIALES

CAPITULO III

DESCRIPCION DEL PROYECTO

III.1 GENERALIDADES

Como proyecto se entiende el resultado de un conjunto de estudios en los que se han considerado todos los casos previstos, se han establecido normas tanto para la realización de la obra como para resolver aquellos otros casos que puedan presentarse como imprevistos.

Nuestro País invierte continuamente importantes recursos en la construcción y conservación de carreteras, por lo que es indispensable que los proyectos sean optimizados empleando las mejores técnicas al alcance, pues de la calidad de los proyectos depende la eficiencia y la economía de las obras.

En la SCT se ha venido utilizando para la elaboración de muchos proyectos de carreteras, la tecnología que combina el uso de la fotogrametría, la fotointerpretación y el cómputo electrónico. El uso de estas técnicas tiene ventajas en cada una de las fases del proyecto, pues permite estudiar diferentes alternativas en áreas suficientemente amplias, con adecuada precisión y con mucha mayor rapidez y economía.

La fotointerpretación nos permite obtener de las imágenes fotográficas la información geotécnica, hidrológica, y de uso del suelo, que requieren los estudios de carreteras.

Mediante la fotogrametría podemos obtener la información topográfica que requiere el proyecto en sus diferentes etapas, en forma de modelos ópticos, mosaicos, ortofotos, en forma de planos convencionales con planimetría y altimetría o en forma digital.

El uso de las computadoras permite efectuar los cálculos con gran rapidez y economía, facilitando la optimización de los proyectos.

Metodología:

El sistema general se divide en 3 etapas que son:

- a) Selección de Ruta.
- b) Anteproyecto

c) Proyecto Definitivo.

La selección de ruta es un proceso que involucra varias actividades, desde el acopio de datos, examen y análisis de los mismos hasta los levantamientos aéreos y terrestres necesarios para determinar a éste nivel los costos y ventajas de las diferentes rutas para elegir la más conveniente. Esta es una de las fases más importantes en el estudio de una carretera.

El anteproyecto es el resultado del conjunto de estudios y levantamientos topográficos que se llevan a cabo con base en los datos previos, para situar en planos obtenidos de éstos levantamientos, una línea que se considere cumpla con los requisitos establecidos para la carretera.

La etapa de proyecto se inicia una vez situada la línea, con estudios de una precisión tal, que permitan definir las características geométricas del camino, las propiedades de los materiales que lo formarán y las condiciones de la corriente que cruza.

Las etapas anteriores están esquematizadas en un diagrama de redes (v. Fig. III. 1).

III.2. SELECCION DE RUTA

En esta etapa se estudian todas las rutas posibles y convenientes, las cuales se analizan mediante un estudio comparativo, para seleccionar la que proporcione las mayores ventajas económicas y sociales, es decir, seleccionar la mejor con base en los costos de construcción, conservación y operación.

Por ruta se entiende la franja de terreno de ancho variable entre dos puntos obligados, dentro de la cual es factible hacer la localización de un camino. Los puntos obligados son aquellos sitios por los que necesariamente deberá pasar el camino, por razones técnicas, económicas, sociales y políticas.

La etapa de selección de ruta, en el tramo La Venta-La Marquesa, consistió en el estudio a nivel preliminar de todas las posibilidades de ubicación de la vía y la selección de la mejor mediante el análisis de los costos y los beneficios de las diferentes alternativas.

El estudio comprendió reconocimientos aéreos y terrestres, fotointerpretación de los puntos de vista topográfico, de uso del suelo, geotécnico e hidrológico y trabajos fotogramétricos y de diseño que permitieron el cálculo de cantidades y costos de obra en terracerías, drenaje, pavimento, etc., así como los correspondientes costos de conservación y operación.

Para el desarrollo de esta etapa se usaron las cartas de DETENAL (Departamento de Estudios del Territorio Nacional) existentes que publica la S.P.P. a diferentes escalas, todas estas cartas comprenden el tramo de carretera en estudio, así como fotografías aéreas a escalas 1:50,000 y 1:25,000 de diversas fuentes. La selección dependió del tipo de terreno y de la disponibilidad y confiabilidad del material cartográfico y fotogramétrico.

La interpretación de las fotos a escala 1:50,000 se hace con la ayuda del material cartográfico, estereoscopio y barra de paralaje, para la medición aproximada de desniveles. El análisis de las fotografías en el concepto geología, produce un croquis o mosaico fotogeológico.

El siguiente paso se lleva a cabo a base de fotografías a escala 1:25,000, que en este caso ya se contaba con ellas. A estas fotos se les hace control terrestre, con el fin de orientarlas en el instrumento Balplex 760, donde puede realizarse, a nivel de anteproyecto preliminar, el estudio de alternativas en planta, perfil y sección transversal. Se hizo una restitución a escala 1:5,000 de una faja angosta que puede delimitarse en el propio instrumento, de acuerdo a las posibilidades de ubicación de las alternativas.

Los Balplex son aparatos que permiten, por un sistema de proyectores a color, obtener el modelo estereoscópico del terreno en la mesa del aparato, que también sirve de mesa de trabajo al ingeniero proyectista, hasta una escala 5 veces mayor; éste modelo estereoscópico se tiene a la escala precisa de 1:5,000 y por medio de la mesilla trazadora del aparato, se pueden determinar elevaciones del terreno, levantar perfiles y secciones transversales del mismo.

La cubicación de terracerías y el cálculo de costos de operación de las alternativas del anteproyecto preliminar puede hacerse mediante tablas, nomogramas o programas de cómputo, en base al perfil del terreno, el perfil de la subrasante, la pendiente transversal del terreno, las secciones tipo, las características de los materiales, el alineamiento horizontal, las características del tránsito, el período de previsión, la tasa de actualización, etc.

Mediante la evaluación de las alternativas se selecciona la mejor línea de ruta, la cual se presenta en fotografías aéreas, planta, perfil con cantidades de obra, antepresupuesto y memoria de evaluación.

La relación de las alternativas en el trazo y su evaluación, para el tramo de carretera La Venta-La Marquesa, se hace en la segunda etapa, que aunada a la primera constituyen el Proyecto Preliminar.

III.3. ANTEPROYECTO

El objetivo fundamental de esta fase es definir la línea que mejor satisfaga los requerimientos de beneficios y costos, que debe ser trazada en el campo o procesada fotogramétricamente, para desarrollar el proyecto definitivo. Sobre la línea de ruta y sus posibles variantes se señala una poligonal de referencia, y se toman fotografía aéreas a escala 1: 5,000 ó 1: 10,000 dependiendo de la altura de la vegetación. Para el tramo en estudio, se tomaron fotografías a escala 1: 5,000.

Con estas fotografías aéreas y el control terrestre, constituido por la poligonal de referencia y puntos laterales de control vertical, se elaboran planos a escala 1: 1,000 ó 1:2,000, para el tramo se elaboraron con escala 1:2,000 con curvas de nivel a cada 2 m., mediante instrumentos generalmente de segundo - -

orden, como el Autografo A-8, etc. El ancho de la faja de restitución es normalmente de 200 a 400 m, este de acuerdo con las posibilidades de ubicación del eje definitivo.

Tomando como base la línea de ruta y utilizando los planos a escala 1:2,000, las fotografías aéreas, y eventualmente el Balplex, se estudia con detalle la mejor ubicación de la línea, deduciendo perfiles y secciones del terreno para varias alternativas, calculando costos de construcción, operación, etc.

La mayor cantidad de detalles y la mayor precisión de los planos a escala 1:1,000/1m., obtenidos de un vuelo a escala 1:5,000, permite un anteproyecto más seguro, que requiere menos ajustes en el campo que si se utilizan planos a escala 1:2,000/2m., obtenidos de fotografías aéreas a escala 1:10,000.

El resultado de esta fase se presenta en fotos aéreas a escala 1:5,000, planta y perfil con los datos de justificación de la elección.

Un trazo óptimo es aquel que se adapta económicamente a la Topografía del terreno. Sin embargo, la selección de una línea y su adaptabilidad al terreno - dependen de los criterios adoptados. Estos criterios a su vez dependen del tipo y volumen de tránsito previstos durante la vida útil del camino, así como de la velocidad de proyecto.

Por consiguiente, una vez clasificada la vía y fijadas las especificaciones - que regirán el proyecto geométrico, se debe buscar una combinación de alineamientos que se adapten al terreno, planimétrica y altimétricamente y cumplan - los requisitos establecidos.

En muchas ocasiones, algunos factores pueden llevar a forzar una línea. Entre ellos pueden citarse los requerimientos del derecho de vía, la división de propiedades, el efecto de la vía proyectada sobre otras existentes, los cruces con ríos, las intersecciones con otras carreteras o ferrocarriles, las previsiones para lograr un buen drenaje, la naturaleza geológica de los terrenos donde se - alojará la carretera.

En el caso particular del tramo La Venta-La Marquesa, los problemas de derecho de vía con las comunidades de San Jerónimo Acazulco y San Lorenzo Acopilco, hi-

cieron que se estudiaran otras alternativas.

En el cuadro III.1 se muestran las especificaciones para el proyecto geométrico, que regirán en el tramo de carretera en estudio.

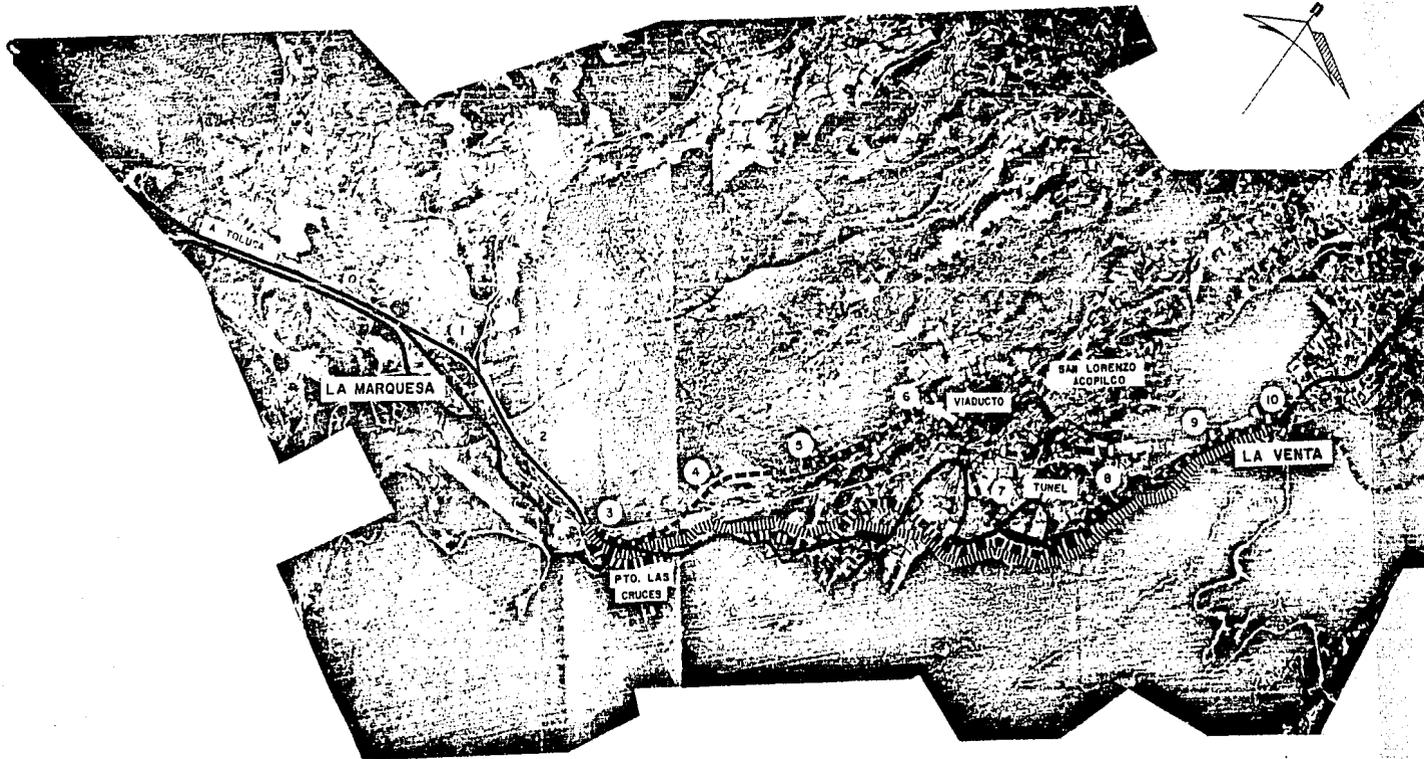
Cuadro III.1 ESPECIFICACIONES PARA EL PROYECTO GEOMETRICO

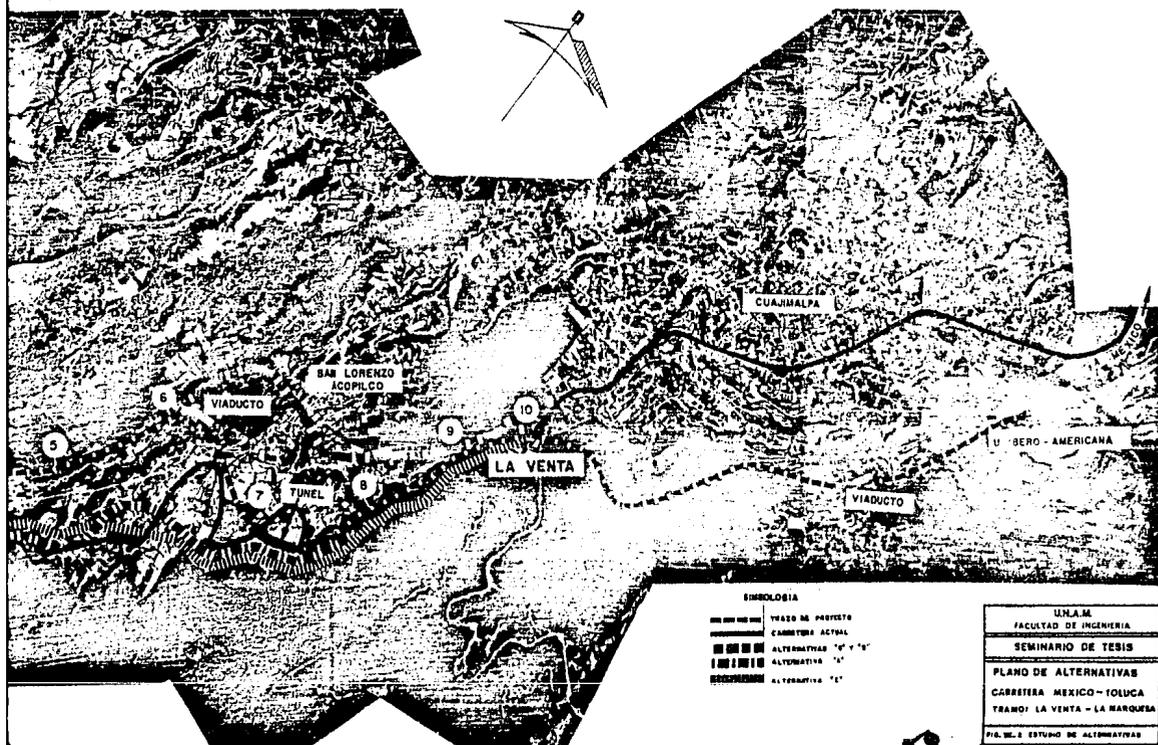
Camino tipo	A6 (autopista de 6 carriles)
Velocidad de proyecto	90 a 110 Km/hr.
Ancho de corona	30 m. (un suelo cuerpo)
	15 m. (dos cuerpos)
Grado máximo de curvatura	4°
Pendiente gobernadora	4 %
Pendiente máxima	5 %
Ancho de carpeta (calzada)	11 m. (un solo cuerpo)
	10.50 m. (dos cuerpos)

3.1 Evaluación de Alternativas del Trazo.

En la figura III.2 se muestran las alternativas del trazo y en los cuadros III.2 al III.8 su evaluación, del tramo La Venta-La Marquesa.

En 1981 se eligió la alternativa 1, con este proyecto se empezaron a ejecutar los trabajos. Sin embargo, por los múltiples problemas de derecho de vía, se estudiaron otras alternativas ("A", "B", "C" y "D"). Quedando finalmente la alternativa 2, de proyecto.





SIMBOLOGIA

	TRAZO DE PROYECTO
	CARRETERA ACTUAL
	ALTERNATIVA "M" y "N"
	ALTERNATIVA "L"
	ALTERNATIVA "E"

UNAM
FACULTAD DE INGENIERIA
SEMINARIO DE TESIS
PLANO DE ALTERNATIVAS
CARRETERA MEXICO - TOLUCA
TRAMO: LA VENTA - LA MARQUESA
FIG. NO. 2 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Cuadro III.2 ALTERNATIVA "A"

LONGITUD 11.3 km.

CAMINO TIPO A6

ANCHO DE CORONA 2 DE 15.00 m

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	COSTO
DERECHO DE VIA	Ha.	68	8'000,000	340'000,000
DESMONTE	Ha.	60	100,000	6'000,000
AFECCIONES	Casa	7	2'000,000	14'000,000
TERRACERIAS	m ³	5 X 10 ⁶	300	1500'000,000
DRENAJE	Km	11.3	3'000,000	34'000,000
OBRAS AUXILIARES	Km	11.3	500,000	6'000,000
PUENTES				
ENTRONQUES A NIVEL				
ENTRONQUES A DESNIVEL	Entr.	4	150'000,000	600'000,000
PASOS A VEHICULOS	Pasos	1	30'000,000	30'000,000
PASOS A PEATONES	Pasos	4	5'000,000	20'000,000
OBRAS DE ORNAMENTACION				
PAVIMENTO	Km	11.3	18'000,000	203'000,000
SEÑALAMIENTO	Km	11.3	500,000	6'000,000
OTROS				
SUMA				2759'000,000
IMPREVISTAS + 20%				541'000,000
TOTAL				3300'000,000
COSTO PROMEDIOS POR Km				292'000,000

PROYECTO JULIO 1983.

Cuadro III.3 ALTERNATIVA "B"

LONGITUD 11.7 Km.

CAMINO TIPO A6

ANCHO DE CORONA 3 DE 15.00 m

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	COSTO
DERECHO DE VIA	Ha.	70	4'000,000	380'000,000
DESMONTE	Ha.	50	100,000	5'000,000
AFECCIONES	Casas	2	2'000,000	4'000,000
TERRACERIAS	m ³	3 x 10 ⁶	300	900'000,000
DRENAJE	Km	11.7	3'000,000	36'000,000
OBRAS AUXILIARES	Km	11.7	500,000	6'000,000
PUNTES VIADUCTOS	M.L.	600	3'000,000	1800'000,000
ENTRONQUES A NIVEL				
ENTRONQUES A DESNIVEL	Entr.	2	150'000,000	300'000,000
PASOS A VEHICULOS	Pasos	1	15'000,000	15'000,000
PASOS A PEATONES	Pasos	2	5'000,000	10'000,000
OBRAS DE ORNAMENTACION				
PAVIMENTO	Km	11.7	18'000,000	210'000,000
SEÑALAMIENTO	Km	11.7	500,000	6'000,000
OTROS TUNELES	m.	200	3'000,000	600'000.00

SUMA	4172'000,000
IMPREVISTAS + 20%	828'000,000
TOTAL	5000'000,000
COSTO PROMEDIOS POR Km	427'000,000

ALTERNATIVA "D"

PARA CAMINO TIPO A4 SE ESTIMA QUE EL COSTO TOTAL SERA DE $0.70 \times 5000'000,000 = 3500'000,000$.

Cuadro III.4 ALTERNATIVA "C"

LONGITUD 11.4 km

CAMINO TIPO A6

ANCHO DE CORONA 2 DE 15.00 m.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	COSTO
DERECHO DE VIA	Ha.	60	5'000,000	300'000,000
DESMONTE	Ha.	50	100,000	5'000,000
AFECTACIONES	Casas	10	2'000,000	20'000,000
TERRACERIAS	M ²	4.5 X 10 ⁶	300	1350'000,000
DRENAJE	Km	11.4	3'000,000	34'000,000
OBRAS AUXILIARES	Km	11.4	500,000	6'000,000
PUENTES				
ENTRONQUES A NIVEL				
ENTRONQUES A DESNIVEL	Entr.	4	150'000,000	600'000,000
PASOS A VEHICULOS	Pasos	1	30'000,000	30'000,000
PASOS A PEATONES	Pasos	5	5'000,000	25'000,000
OBRAS DE ORNAMENTACION				
PAVIMENTO	Km	11.4	18'000,000	205'000,000
SEÑALAMIENTO	Km	11.4	500,000	6'000,000
OTROS				
SUMA				2581'000,000
IMPREVISTAS \pm 20 %				519'000,000
TOTAL				3100'000,000
COSTO PROMEDIO POR Km				272'000,000

AHORROS ANUALES DE OPERACION

Composición del Tránsito

A= 77%, B= 11%, C= 12%

Incremento Anual del Tránsito : $i = 7\%$

T.D.P.A. en 1980 = 15 800 veh.

T.D.P.A. en 1986 = 23 712 veh.

A= 23 712 X 0.77 = 18 258 veh.

B= 23 712 X 0.11 = 2 608 veh.

C= 23 712 X 0.12 = 2 845 veh.

- Por tiempo

a) Alternativa "A"

	Veh.	X	hr.	X	pers.	X	días	
A=	18 258	X	0.0828	X	3.5	X	365 X 92	= 177' 677, 435
B=	2 608	X	0.0828	X	25	X	365 X 70	= 137' 933, 208
C=	2 845	X	0.0828	X	2	X	365 X 115	= <u>19' 775, 766</u>
							SUMA	\$ 335 386, 409

b) Alternativa "B" y "D"

A=	18 258	X	0.0918	X	3.5	X	365 X 92	= 196' 990, 200
B=	2 608	X	0.0918	X	25	X	365 X 70	= 152' 925, 948
C=	2 845	X	0.0918	X	2	X	365 X 115	= <u>21' 925, 305</u>
							SUMA	\$ 371' 841, 453

c) Alternativa "C"

A=	18 258	X	0.0817	X	3.5	X	365 X 92	= 175' 316, 986
B=	2 608	X	0.0817	X	25	X	365 X 70	= 136' 100, 762
C=	2 845	X	0.0817	X	2	X	365 X 115	= <u>19' 513, 044</u>
							SUMA	\$ 330' 930, 792

- Por tracción

Tipo veh.	Costos por Km			
	Comb.	Llantas	Deprec.	Total
A	3.00	0.38	3.00	6.38
B	4.67	5.83	12.50	23.00
C	4.67	13.33	10.00	28.00

Por ascenso y descenso se considera que cada 100 m. equivalen a 1 km de alargamiento.

Alternativa	Longitudes (km)		Diferencia
	Real	Corregida	
Carretera Actual	12.5	12.5	-
"A"	11.3	11.05	1.45
"B"	11.7	10.7	1.80
"C"	11.4	11.4	1.10
"D"	11.7	10.7	1.80

a) Alternativa "A"

Veh.	X	\$/km	X	km	X	días	=	
A=	18 258	X	6.38	X	1.45	X	365	= 61'650,237
B=	2 608	X	23.00	X	1.45	X	365	= 31'746,532
C=	2 845	X	28.00	X	1.45	X	365	= <u>42'160,055</u>
SUMA								\$ 135'556,824

b) Alternativa "B" y "D"

A=	18 258	X	6.38	X	1.80	X	365	= 76'531,328
B=	2 608	X	23.00	X	1.80	X	365	= 39'409,488
C=	2 845	X	28.00	X	1.80	X	365	= <u>52'336,620</u>
SUMA								\$ 168'277,436

c) Alternativa "C"

A= 18 258 X 6.38 X 1.10 X 365 = 46'769,145
 B= 2 608 X 23.00 X 1.10 X 365 = 24'083,576
 C= 2 845 X 28.00 X 1.10 X 365 = 31'983,490
 TOTAL 102'836,211

Alternativa	Ahorros Anuales de Operación (\$)		
	Tiempo	Fracción	Total
"A"	335'386,409	135'556,824	470'943,233
"B" y "D"	371'841,453	168'277,436	540'118,889
"C"	330'930,792	102'836,211	433'767,003

Cuadro III.5. COMPARACION DE LAS ALTERNATIVAS.

ALTERNATIVAS	LONG. KM.	NUM. DE CARRILES	PENDIENTE GOBERNADORA	VELOC. DE PROYECTO	VOLUMEN DE TRANSITO	COSTO MILLONES \$	TIEMPO DE RECORRIDO
Actual	12.5	4	5.6 %	60 Km/h			12.5 min.
"A"	11.3	6	5 %	90 Km/h	1848 Veh/h	3300	7.53 min.
"B"	11.7	6	4 %	100 Km/h	3162 Veh/h	5000	7.02 min.
"C"	11.4	6	5 %	90 Km/h	1780 Veh/h	3100	7.60 min.
"D"	11.7	4	4 %	100 Km/h	2180 Veh/h	3500	7.02 min.

Cuadro III.6. ALTERNATIVA 1

SUBTRAMO: LAS CRUCES- LA VENTA (Km 3 + 000 - Km 9 + 500)

LONGITUD: 6.5 Km

CAMINO TIPO A6

ANCHO DE CORONA: 2 DE 15.00 m.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	COSTO
DRECHO DE VIA	Ha.	39	6'000 000	234'000 000
DESMONTE	Ha.	30	100 000	3'000 000
AFECCIONES	Casas	20	2'000 000	40'000 000
TERRACERIAS	m ³	2'659 543	380	1011'000 000
DRENAJE Y SUBDRENAJE	Km	6.5	7'000 000	45'000 000
OBRAS AUXILIARES	Km	6.5	600 000	4'000 000
PUENTES	Ml	120	1'500 000	180'000 000
ENTRONQUES A NIVEL				
ENTRONQUES A DESNIVEL	Entr.	1	150'000 000	150'000 000
PASOS A VEHICULOS	Pasos	1	60'000 000	60'000 000
PASOS A PEATONES	Pasos	4	10'000 000	40'000 000
OBRAS DE ORNAMENTACION				
PAVIMENTO	Km	6.5	12'000 000	78'000 000
SEÑALAMIENTO	Km	6.5	500 000	3'000 000
OTROS CAPTACION DE AGUA	Capt.	2	4'000 000	8'000 000
SUMA				1856'000 000
IMPREVISTAS + 20%				374'000 000
TOTAL				2230'000 000
COSTO PROMEDIO por Km				343'000 000

PROYECTO 1981

Cuadro III.7. ALTERNATIVA 2.

SUBTRAMO: LAS CRUCES-LA VENTA (Km 3 + 000 - Km 9 + 700)

LONGITUD: 6.7 Km

CAMINO TIPO A6

ANCHO DE CORONA 2 DE 14.50 m.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	COSTO
DERECHO DE VIA	Ha.	40	3'500,000	140'000 000
DESMONTE	Ha.	20	100 000	2'000 000
AFECTACIONES	Casas	15	2'000 000	30'000 000
TERRACERIAS	m ³	2'000 000	300	600'000 000
DRENAJE Y SUBDRENAJE	Km	6.7	1'500 000	10'000 000
OBRAS AUXILIARES	Km	6.7	500 000	3'000 000
PUENTES	Ml	250	1'500,000	375'000 000
ENTRONQUE A NIVEL				
ENTRONQUE A DESNIVEL	Unidad	1	150'000 000	150'000 000
PASOS A VEHICULOS				
PASOS A PEATONES				
OBRAS DE ORNAMENTACION				
PAVIMENTO	Km	6.7	12'000 000	80'000 000
SEÑALAMIENTO	Km	6.7	300 000	2'000 000
OTROS TUNEL Y VIADUCTO	m	400	2'500 000	1000'000 000
SUMA				2392'000 000
IMPREVISTAS + 20%				478'000 000
TOTAL				2870'000 000
COSTO PROMEDIO POR Km				428'000 000

PROYECTO OCTUBRE 1983

LONGITUDES VIRTUALES, CORREGIDAS POR PENDIENTE Y CURVATURA

ALTERNATIVA

LONGITUDES POR KM

	REAL	CORREGIDA		
		A	B	C
1	6.5	10.1	13.3	17.6
2	6.7	9.5	12.4	16.0

COSTOS ANUALES DE OPERACION PARA 1000 VEHICULOS

COMPOSICION DEL TRANSITO

A= 77%, B=11%, c= 12%

a) ALTERNATIVA 1

- Por tracción

	veh	X \$/km	X Km	X días	=	
A =	770	X 11.35	X 10.1	X 365	=	32 218 167
B =	110	X 53.13	X 13.3	X 365	=	28 371 154
C =	120	X 32.81	X 17.6	X 365	=	25 292 572
						SUMA \$ 85'881,893

- Por tiempo

	veh	X hrs.	X per	X días	=	
A =	770	X 0.069	X 3.5	X 365	X 92	= 6'244 369
B =	110	X 0.069	X 25	X 365	X 70	= 4'848 113
C =	120	X 0.069	X 2	X 365	X 115	= 695 106
						SUMA \$ 11'787,588

b) ALTERNATIVA 2

- Por tracción

	Veh	X \$/km	X Km	X días	=	
A =	770	X 11.11	X 9.5	X 365	=	29 663 422
B =	110	X 48.40	X 12.4	X 365	=	24 096 423
C =	120	X 30.04	X 16.0	X 365	=	21 052 032
						SUMA \$ 74'811,877

- Por tiempo

	Veh	X hr.	X pers	X días	=	
A =	770	X 0.063	X 3.5	X 365	X 92	= 5 701 380
B =	110	X 0.063	X 25	X 365	X 70	= 4 426 538
C =	120	X 0.063	X 2	X 365	X 115	= 634 662
						SUMA \$ 10'762,580

TOTAL DE ALTERNATIVA 1 : 97'669,481
 TOTAL DE ALTERNATIVA 2 : 85'574,457
 DIFERENCIA : \$ 12'095,024

T.D.P.A. en 1986 = 19 669 Veh.
 80% Del T.D.P.A. = 15 735 Veh.

AHORRO ANUAL POR OPERACION

15.735 X \$ 12 095 024 = \$ 190 315 203

Cuadro III.8. COMPARACION DE RUTAS

CONCEPTO	ALT.1	ALT. 2
T.D.P.A. 80% ASIGNADO (1986)	15 735	15 735
SECCION, CARRILES	6	6
LONGITUD REAL, Km.	6.5	6.7
VEL. DE PROY, PONDERADA, Km/hr.	4.56	4.39
LONG. VIRTUAL, Km A	10.1	9.5
B	13.3	12.4
C	17.6	16.0
COEF. DE SINUOSIDAD, DEFLEXION/Km	120°	62°
TIEMPO DE RECORRIDO, MIN.	4.14	3.79
COSTOS ANUALES, MILLONES \$	<u>1624</u>	<u>1455</u>
CONSTRUCCION	80	104
CONSERVACION	7	5
OPERACION	1537	1346
COSTO TOTAL INICIAL, MILLONES \$	2230	2870
AREA DE BOSQUE AFECTADA, Ha.	24	14
COEF. DE DAÑO ECOLOGICO.	4	1

Las principales ventajas de la alternativa 2 sobre la originalmente trazada (alternativa 1) son:

- a) Mejores alineamientos tanto horizontal como vertical, que la hacen más segura y con mayor velocidad de operación.
- b) se aloja en pendiente transversal más suave, lo que provoca menos movimientos de terracerías y por ende menos alteraciones a la ecología.
- c) Menor drenaje y subdrenaje, incluso menos posibilidades de afloramientos de manantiales por su cercanía al parteaguas.
- d) Afecta menos áreas de bosque.
- e) Su construcción no interfiere con la operación de la carretera actual.
- f) La nueva línea tiene un costo inicial mayor en \$ 600 millones, pero el ahorro en costo de operación \$ 191 millones/año, justifica una diferencia de inversión inicial mucho mayor.

III.4 PROYECTO DEFINITIVO

En esta etapa se obtienen los perfiles longitudinales, secciones transversales y planos de detalle del terreno, necesarios para el diseño geométrico de las secciones de construcción, la cubicación de las terracerías y el proyecto del drenaje, tanto de los ejes principales como de las intersecciones.

Sobre la línea del anteproyecto elegido se realiza un estudio geotécnico detallado en el campo, a base de sondeos directos y estudios geofísicos en los cortes de 7.0 m, con objeto de determinar la clasificación de los estratos con fines de pago y la inclinación que se debe dar a los taludes de los cortes. Simultáneamente, las brigadas topohidráulicas y de exploración efectúan los levantamientos y estudios para el drenaje.

Los datos del terreno para el proyecto definitivo se obtienen directamente en el campo y también con apoyo de la fotogrametría. Para la obtención de los datos en el campo, se replantean los ejes del proyecto preliminar a partir de los vértices de la poligonal de referencia que sirvió de control horizontal en las fotos a escala 1:5,000. El cálculo de las medidas lineales y angulares para este replanteo se hace mediante un programa de cómputo electrónico que utiliza las coordenadas X-Y de los vértices de la poligonal y la de los puntos principales y de cada 20 m del alineamiento horizontal.

Para obtener los datos del terreno por fotogrametría se hace un seccionamiento fotogramétrico; para ello se orientan en un instrumento como el Autografo A-7, con dispositivos automáticos de registro de coordenadas, las fotografías aéreas a escala 1: 5,000 y su control terrestre utilizados previamente, la planta a escala 1:2,000 que contiene los ejes principales y los de las intersecciones, con las secciones transversales de cada 20 m y los ejes de las obras de drenaje. Las secciones intermedias correspondientes a queibres del terreno se escogen durante el seccionamiento.

Una vez que se ha verificado numéricamente la orientación absoluta del modelo, mediante las coordenadas instrumentales y terrestres de los puntos de control, la operación consiste en registrar ordenadamente en la computadora las coordenadas instrumentales del terreno sobre cada sección, en el eje y en los puntos de quiebre significativos. A continuación, las coordenadas instrumentales X'-

'Y'-Z', de los puntos de quiebre registrados, son transformadas, mediante computadora, al sistema de coordenadas terrestres, con base en las coordenadas X-Y-Z de los puntos de control terrestre; en seguida, en el mismo proceso, se transforman las coordenadas terrestres de los puntos de quiebre, al sistema convencional distancia/desnivel de cada sección, referido al terreno en cada eje seccionado.

Como resultado de este proceso, se obtiene, para cada eje, el perfil longitudinal del terreno, por cadenamamiento y elevación a cada 20 m. y en quiebres intermedios - mediante distancia y desnivel de cada punto que quiebre respecto al terreno en el eje, y para cada eje de obra de drenaje su cadenamamiento y esviaje, así como su perfil longitudinal por distancia y elevación de cada punto de quiebre.

Con los datos de perfil y secciones transversales del terreno así obtenidos, las secciones tipo, los datos de ampliaciones y sobreelevaciones, los datos del alineamiento vertical y los datos de suelos, se hace el proyecto de terracerías, generalmente mediante el ensayo de varias alternativas de subrasante. Esta fase se realiza con la ayuda de un programa de cómputo, que produce como resultados la geometría del alineamiento vertical y de las secciones de construcción, los volúmenes de corte y terraplén, así como las coordenadas del diagrama de masas, que se utilizan para el cálculo de los movimientos de terracerías.

Con al subrasante definitiva, los perfiles de los ejes de las obras y los datos hidrológicos y geotécnicos, obtenidos con ayuda de la fotointerpretación, la fotogrametría y directamente en el campo, se elabora el diseño geométrico preliminar de las obras de drenaje. Este diseño se considera preliminar, debido a la común presencia de vegetación en los sitios de la obra, lo que se traduce en imprecisión en la determinación de los desplantes, los cuales deben ser ajustados previamente a la construcción.

Finalmente, el proyecto definitivo del tramo en estudio, es presentado mediante una serie de datos y planos en los cuales estará basada su construcción (v. plano general).

4.1. Características Generales de la Obra.

a) Geométricas.

v. cuadro III.1, además:

Coefficiente de Sinuosidad 50.437°/Km.

b) Longitud

En tangente	4.570 Km
En curva	5.580 Km
De túnel	0.345 Km
De viaducto	0.330 Km
Total	10.825 Km

c) Viaducto

Proyectado uno con longitud de 330 m. (ubicado del km 6 + 370 al km 6 + 700) con calzada de 13.90 m; superestructura formada por seis claros de losa preesforzada con cuatro claros de 60 m. y dos de 45 m c/u; subestructura formada por seis pilas de concreto reforzado desplantadas sobre cilindros de cimentación y con dos estribos extremos.

d) Túnel

Uno con longitud de 345 m (ubicado del km 7 + 585 al km 7 + 930), está formado por dos ductos de 12.80 m de altura y 14.40 m. de ancho, cada uno para alojar tres carriles de circulación, estos tendrán banquetas extremas.

e) Tierra Armada.

En uno de los accesos al viaducto se contruye un tramo con longitud de 60 m. Dos tramos que se localizan del km 8 + 560 al km 8 + 800 (longitud 240 m) y del km 9 + 060 al km 9 + 214 (longitud 154 m).

III.5. PROYECTO DEL PAVIMENTO

5.1 Datos para el Proyecto del Pavimento,

a) Características Geométricas.

Vease cuadro III.1.

b) Volumen de Tránsito.

De acuerdo con las estimaciones del volumen y características del tránsito definidos por la DGST, en el proyecto se consideró un volumen promedio de vehículos diario anual (TDPA) en dos direcciones de 36,700 unidades para un periodo de 20 años a partir de 1981. La composición del tránsito se estima en:

Vehículos	A	B	C
(%)	70	10	11

Siendo A Automóviles

B Autobuses

C Camiones

c) Características de la capa subrasante.

El valor relativo de soporte (VRS) predominante a 100% de peso volumétrico -- seco máximo (PVSM) de los materiales que formarán la subrasante, se ha considerado de 20% de acuerdo con los ensayos reportados, y tomando en cuenta el tránsito que circulará por esta carretera y las condiciones pluviométricas se proyecta un pavimento del tipo flexible, con carpeta asfáltica.

5.2 Diseño del Pavimento.

El proyecto del pavimento diseñado por el método SOP, considerando los valo -

res de tránsito y el valor relativo de soporte, anotados en el punto anterior, así como la curva de diseño de las gráficas del método SOP, se dedujo un espesor total de sub-base más base de 40 cm.

Se revisó el proyecto del pavimento por el método de ejes equivalentes de 8.2 ton; tomando en cuenta el valor del volumen del tránsito indicado, se obtiene un tránsito acumulado de 234'685,550 ejes sencillos equivalentes de 8.2 ton., en un solo sentido y de acuerdo con el valor relativo de soporte (VRS) señalado, se obtiene un índice de espesor del pavimento de 48 cm.

Se revisó el proyecto de pavimentación por el método del Instituto de Asfaltos; de acuerdo con el volumen de tránsito y el valor relativo de soporte (VRS) ya indicados y considerando una carga límite permisible por eje de 8,165 kg - - - (18,000 Lb) y con peso promedio de los camiones de 13,608 kg (30,000 Lb), se obtiene por éste método un espesor de pavimento de concreto asfáltico de 56 cm. equivalente a 15 cm. de espesor de sub-base, 22 cm. de base y 7.5 cm de carpeta de concreto asfáltico.

De acuerdo con la revisión efectuada, se considera que el método de ejes equivalentes de 8.2 Ton. es el adecuado, por lo que la estructura del pavimento de este tramo de carretera en estudio, será el siguiente:

- a) Una carpeta asfáltica de 7.5 cm.
- b) Una capa de base mejorada con cemento portlan de 20 cm.
- c) Una capa de sub-base de 15 cm. de espesor.

Terminada la construcción de la capa subrasante, se deberá afinar el espesor del pavimento, ya que para el diseño se consideró un VRS, al 100% de compactación del material que forma ésta capa de 20%, pudiendo variar este de acuerdo con las condiciones reales que existen al terminar ésta etapa de la construcción.

Si el VRS del material de la capa subrasante, obtenida al 100% de compactación, es distinto al considerado en el diseño, se debe modificar el espesor del pavimento de acuerdo con la variación que a continuación se indica, considerando la gráfica de Porter Modificada:

ESPESORES EN CM.

VRS	SUB-BASE	BASE	CARPETA	TOTAL
8	20	23	10	53
10	20	20	10	50
15	15	20	7.5	42.5
20	15	20	7.5	42.5
25	12	20	7.5	39.5
30 ó mas	12	20	7.5	39.5

La estructura del pavimento se apoyará sobre una capa subrasante de 30 cm. de espesor, que a su vez estará apoyada sobre una capa de transición de 20 a 50 - cm de espesor.

Con la consideración anterior se contrato la obra del tramo en estudio La Venta-La Marquesa y se construyó con los espesores indicados de Km 0 + 000 al km. 3 + 000 (origen La Marquesa), sin embargo estudios posteriores de tránsito, -- calidad de materiales para la pavimentación y condiciones de drenaje hicieron que se replanteara el espesor de las capas del pavimento, agregándosele además a las terracerías una capa rompedora de capilaridad o capa filtrante.

Los datos para el replanteamiento del diseño del pavimento se relacionan a continuación:

a) Factor de distribución del tránsito en el carril de diseño 40%.

b) Vida útil de diseño 10, 15 y 20 años, se realizaron los cálculos tomando -- como base una vida útil de 15 años.

c) Valor Relativo de Soporte:

Capa	VRS (%)	Compactación (%)
Base Hidráulica	80	100
Sub-base	35	100
Subrasante	15	100
Transición	10	95
Cuerpo de Terra plén	5	90

d) Se consideraron 2 tipos de TDPA; uno con valor medio de 31,000 vehiculos en dos sentidos para el año 1985 cuya composición es A=77, B=09, C=14 y otro con valor máximo de 43,000 vehiculos en dos sentidos y cuya composición es A=85, B=08, C=07.

e) Los cálculos se hicieron por los métodos; de 8.2 ton. (ejes equivalentes), del Instituto de Asfaltos y del Instituto de Ingenieria de la UNAM.

Los resultados del estudio se muestran en el cuadro III.9

CUADRO III.9 ESPESORES DE PAVIMENTO ESTUDIADOS POR LA DGCF.

C A P A S	ESPESORES DE PROYECTO	ESPESORES QUE SE CONSTRUYEN ACTUALMENTE.-	ESPESORES QUE RECOMIENDA LA -- D.G.S.T.		ESPESORES QUE RECOMIENDA EL DEPTO. DE CONTROL DE CALIDAD	AJUSTE DE ESPESORES EN BASE A REVISION EFECTUADA DIR.- DE PROYECTO.			
	(Licitación)		K 0 - 9	10-14,4	No indica vida útil se supone 15 años.	31,000 v. años		43,000 v. años	
CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO.	7.5	7.5	10	10	7.5	10	10	10	12
BASE HIDRAULICA	20 +(C. Portland)	20 +(C. Portland)	20	20	20	25	25	20	20
SUB-BASE	15	15	20	-	-	20	25	25	20
CAPA SUBRASANTE	30	30	40	40	50	30	30	30	32
CAPA DE TRANSICION	20-50	30-50	30-40	-	-	20-50	30	20	20
CAPA ROMPERDORA DE CAPILARIDAD	-	50	30-50	0	50	20	20	20	20

III.6. RECOMENDACIONES Y NORMAS DE CONSTRUCCION.

6.1 Terracerías.

Los trabajos se iniciarán con el desmonte, desenraíce y despálme del terreno natural y limpieza de la zona por construir.

La topografía que se tiene dará lugar a que existan abundantes zonas de corte a lo largo del tramo, se tendrán sitios en que la pendiente transversal es muy fuerte y dado que se tienen proyectadas secciones en balcón, es aconsejable que la construcción de las terracerías en esas zonas se haga siguiendo el procedimiento de construcción que indica escalones de liga. Incluso se construirá un muro de contención entre los encadenamientos 5 + 410 - 5 + 670 origen La Marque sa, para evitar secciones con volúmenes muy grandes.

La capa subrasante deberá construirse con material de préstamo exclusivamente, con objeto de uniformizar las características de dicha capa y en consecuencia minimizar las variaciones en el espesor del pavimento.

El cuerpo de terraplén, cuyo espesor será variable dependiendo de la rasante de proyecto, se compactará al 90%.

La capa rompedora de capilaridad de 0.50 m. de espesor constituida por material grava arena con tamaño máximo de 3" y un contenido de finos no mayor de 5% que pasa la malla No. 200.

Se construirá una capa de transición de 0.50 m. de espesor compactada al 95%.

Sobre la capa de transición, se construirá la capa subrasante de 0.50 m. de espesor compactada al 100%.

Los grados de compactación son con respecto a Proctor cuando se traten de materiales finos cohesivos y Porter cuando se traten de materiales granulares.

6.2 Obras de Drenaje.

Por lo que se refiere a las obras complementarias de drenaje, estas comprenden-

rán la construcción de subdrenes con tubo perforado de concreto de 15 cm. de diámetro, pozos de visita para subdrenes. El recubrimiento de cunetas con una capa de 8 cm. de espesor de concreto hidráulico de $f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$ con agregado de tamaño máximo de 19 mm. (3/4"). La excavación y el recubrimiento de contra cunetas con suelo-cemento. Bordillos de concreto asfáltico con sección trapezoidal de 15 cm. en la base mayor, 8 cm. en la base menor y 12 cm de altura. Lavaderos de concreto hidráulico de $f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$. Se deberán colocar drenes transversales de tubo perforado de PVC de 2" a cada 5 m horizontalmente, en los cortes de las zonas donde se presente flujo de agua, donde sea necesario se deberán colocar dos o tres hileras de éstos con una separación entre hilera de 1.50 m. Además se construirá un cercado en los linderos del derecho de vía.

Es necesario que la impermeabilización de las obras de drenaje se haga efectiva, ya que esto dependerá, en gran parte, el buen funcionamiento de las terracerías y el pavimento.

6.3 Pavimentación.

Sobre la capa subrasante debidamente terminada y perfilada se construirá una -- capa de sub-base de 15 cm de espesor, utilizando material de los bancos propuestos para este fin (v. cuadro II.3), el material que la forme se debe compactar hasta obtener el 100% de su Peso Volumétrico Seco Máximo (PVSM) Porter. Los -- materiales utilizados deberán cumplir con las normas de calidad especificadas - por la SCT (Libro 3, Parte 01, Título 03, Capítulo 074, 1984).

Sobre la Sub-base una vez terminada, como se indicó anteriormente, se construirá una capa de base estabilizada con cemento portland Tipo I, de 20 cm. de espesor, utilizando material procedente de los bancos propuestos para este fin (v. cuadro II.3), compactando el material que la forme hasta alcanzar el 100% de su PVSM Porter. Al material de base se le debe adicionar un 3% aproximadamente en peso de cemento portland Tipo I, para obtener una resistencia mínima a la com presión axial simple de 52 Kg/cm^2 a los 7 días de edad.

Sobre la base estabilizada superficialmente barrida, en todo el ancho y en los taludes del material que forme el pavimento, se aplicará un riego de impregnación con producto asfáltico FM-1 a razón de 1.4 lt/m^2 aproximadamente.

Sobre la base hidráulica impregnada se aplicará en la zona donde se construirá la carpeta, un riego de liga con producto asfáltico FR-3 a razón de 0.5 lt/m^2 aproximadamente, para luego construir la carpeta de 7.5 cm. de espesor de concreto asfáltico elaborado con material pétreo procedente del banco propuesto - para este fin (v. cuadro II.3) y cemento asfáltico No. 6 con una dosificación aproximada de 100 Kg/m^3 de material pétreo seco y suelto.

La mezcla asfáltica se proyectará por el procedimiento Marshall para que cumpla con lo indicado, para un tránsito diario de más de 2,000 vehículos pesados, por la SCT.

En todo el ancho de la Carpeta, incluyendo los acotamientos, se aplicarán un riego de sello empleando material pétreo tipo 3-E procedente del banco propuesto para este fin (v. cuadro II.3), a razón de 10 lt/m^2 aproximadamente y producto asfáltico FR-3 a razón de 1.2 lt/m^2 .

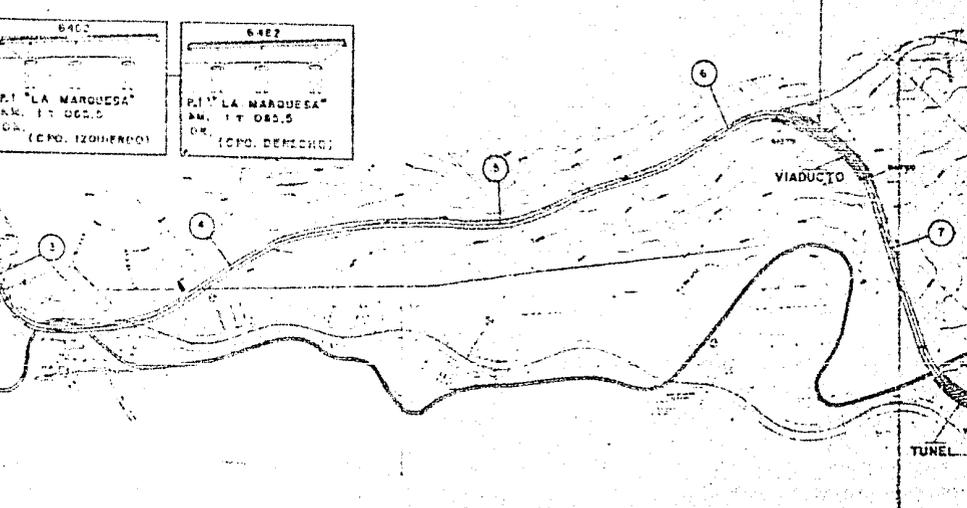
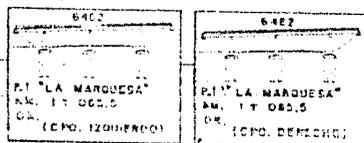
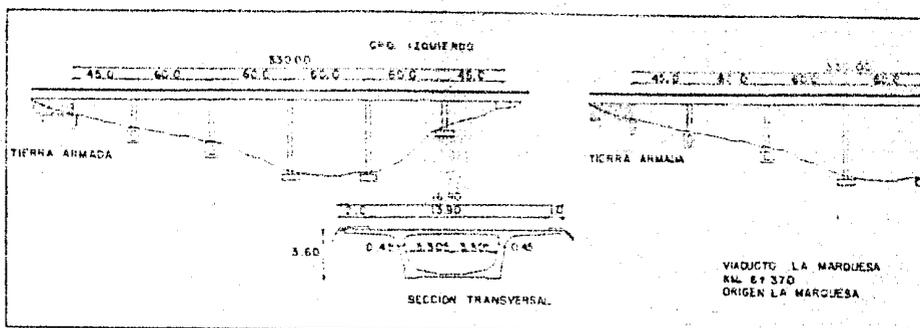
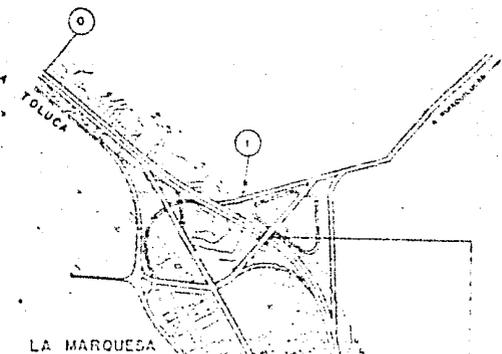
Con el objeto de mejorar la adherencia entre los productos asfálticos y los -- materiales pétreos, se deberá prever el empleo de aditivos, cuyo tipo y dosificación serán proporcionados por el laboratorio de control, cuando el agregado pétreo haya sido debidamente tratado en la obra.

III.7 LICITACION DE LA OBRA

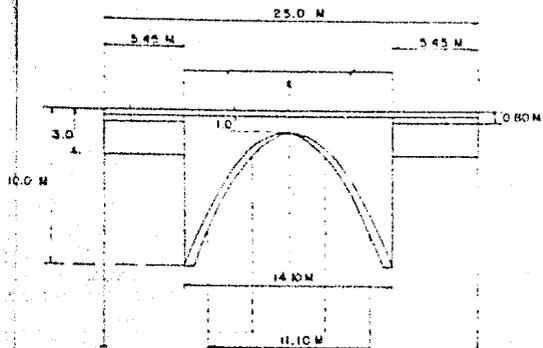
Se describe a continuación a grandes rasgos, la política que sigue la SCT en la elaboración de sus licitaciones para la ejecución de proyecto de carreteras.

Para proceder a la ejecución del proyecto, la SCT publica una convocatoria para la construcción de la obra por ejecutar, en la cual se anotan sus características más importantes. A esta convocatoria concurren empresas de la Iniciativa Privada interesadas en el proyecto.

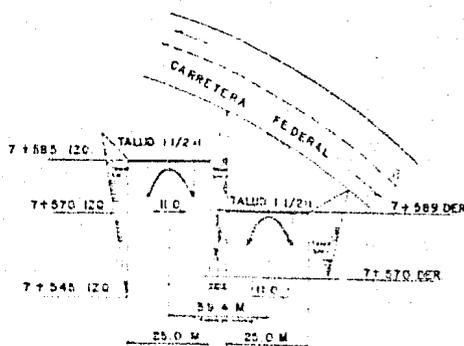
Una vez reunidas las empresas contratistas, se procede a mostrarseles, por única vez, el proyecto. En este recorrido se dan a conocer las características - generales del proyecto, entre otras: Tipo de camino, longitud del tramo, localización del trazo donde se aloja la línea, ubicación de los bancos para terracerías y pavimentación, su volumen aprovechable, los coeficientes de variación volumétrica, y su clasificación con fines de presupuesto, cantidades de obra -



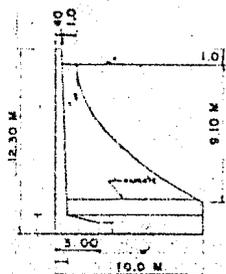
SECCION DE PORTAL TIPO ESTE Y OESTE



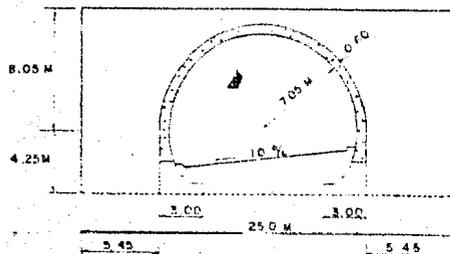
SUPERIOR



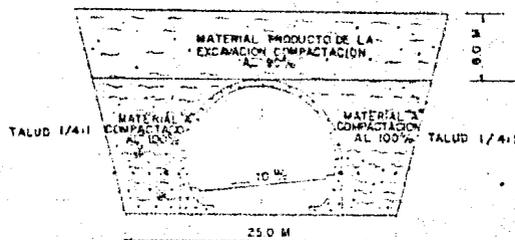
AREA DE PORTALES



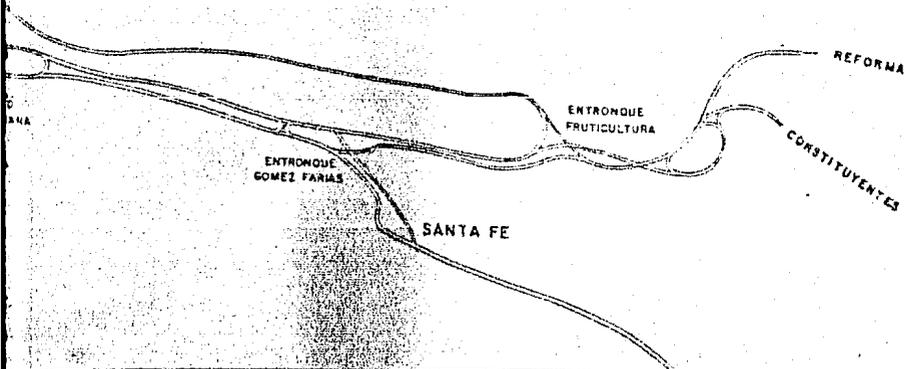
LATERAL



FRONTAL



RELLENO PARA TUNEL FALSO
EST 7+589.000 DER
7+591.000 IZQ



U.N.A.M. FACULTAD DE INGENIERIA
SEMINARIO DE TESIS
PLANO GENERAL
CARRETERA MEXICO-TOLUCA TRAMO: LA VENTA - LA MARQUESA

CAPITULO IV
PROCESO CONSTRUCTIVO

IV.1. GENERALIDADES.

En la realización de una obra civil, la construcción sigue inmediatamente al diseño y precede a los de operación y mantenimiento de obras. Consiste la construcción en la realización de una obra combinando materiales, obra de mano y maquinaria con objeto de producir dicha obra de tal manera que satisfaga una necesidad normalmente colectiva, y que cumpla con las condiciones planteadas por el diseñador entre las que se cuenta con primordial importancia la seguridad.

La construcción se presenta como uno o varios procesos de transformación con una entrada, los recursos y una salida, la obra terminada.

El proceso puede ser uno o varios, pero también se puede dividir en subprocesos, cada uno de los cuales producirán una parte de la obra, estos pueden ser simultáneos o en cadena, y es usual que estos subprocesos se analicen por separado para definir los procedimientos de construcción que producirán la obra que se desea.

El proceso constructivo del tramo de carretera La Venta- La Marquesa se subdividió, para su análisis en este trabajo, en los subprocesos siguientes:

- Terracerías
- Obras de drenaje.
- Pavimento.
- Estructuras complementarias.

Los anteriores subprocesos a su vez están integrados por etapas o fases, así por ejemplo las terracerías están integradas por las etapas de desmonte, cortes, -- préstamos y terraplenes.

Dentro de las estructuras complementarias se consideró para su análisis al túnel, viaducto y tierra armada.

1.1 Secciones Transversales de Construcción.

Antes de iniciar la construcción de las terracerías, se colocan una serie de estacas que sirven de guía para construir la sección pedida. Estas estacas se colocan a cada lado de la línea del centro, en los puntos en que el talud lateral del corte o del terraplén interseca la superficie del terreno natural. -- Sobre ellas se marca el corte o terraplén que hay que hacer en relación con la cota de la subrasante en la línea de centro, así como la distancia horizontal a partir del eje del camino.

La sección transversal de un camino, es un corte vertical normal al alineamiento horizontal, permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman al camino, en el punto correspondiente a cada sección y a su relación con el terreno natural.

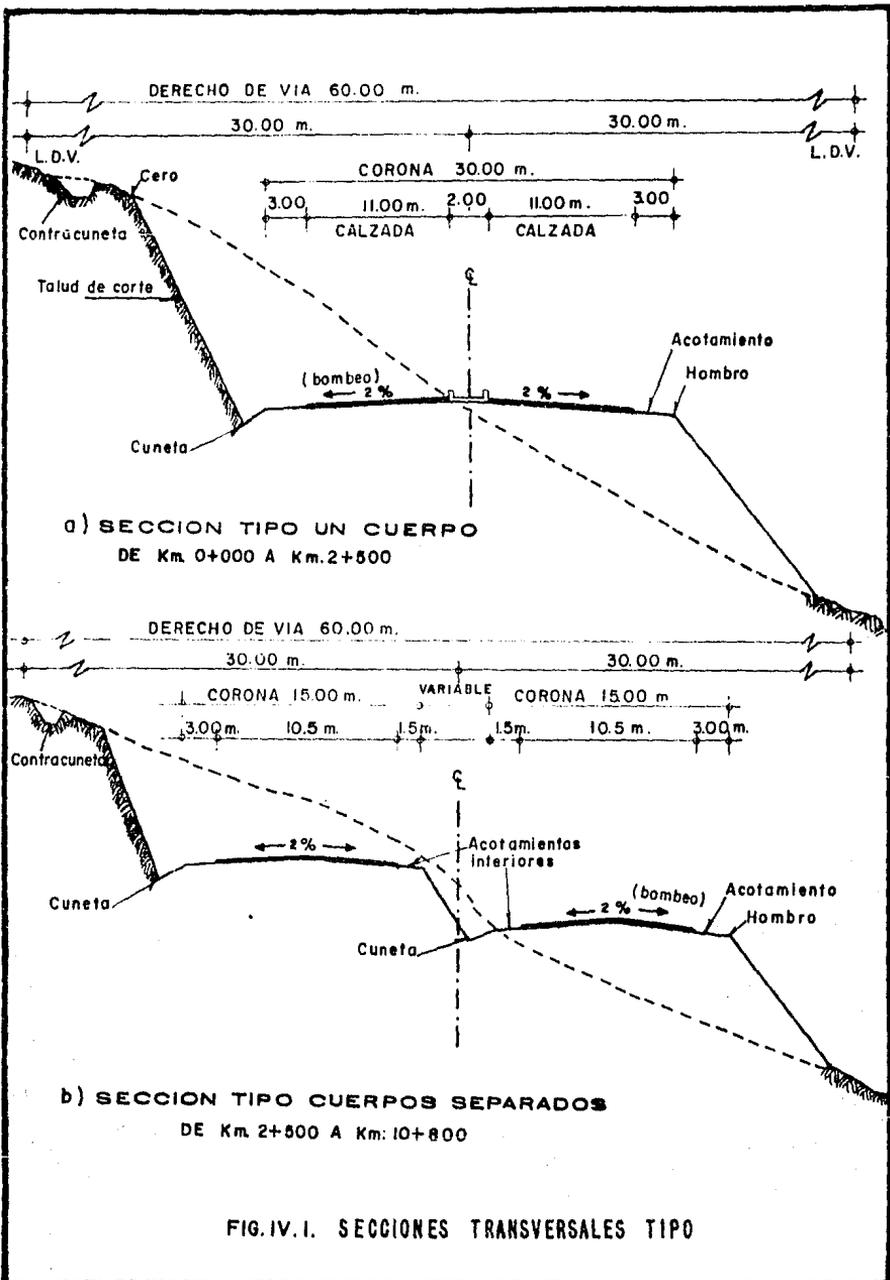
Para el tramo La Venta- La Marquesa se distinguen dos subtramos con un ancho de corona diferente; en una longitud de 2.5 km localizados dentro del Estado de México, el ancho de corona es de 30 m. formada por un camellón central de 2m, dos calzadas pavimentadas de 11 m c/u con acotamientos laterales de 3 m c/u - para 6 carriles de circulación 3 en cada sentido. En los 8.3 km restantes, - localizados dentro del D. F., se construyen dos cuerpos separados con corona de 15 m c/u y carpeta asfáltica de 10.50 m con acotamientos interiores de 1.50 m c/u y laterales de 3m c/u.

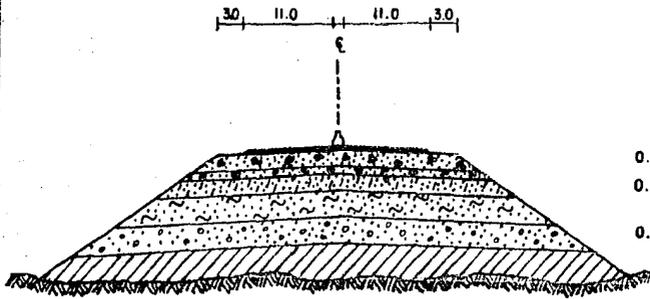
Las figuras IV.1 y IV.2 muestran las secciones transversales de construcción - tipo, así como sus elementos y dimensiones de este tramo.

IV.2. TERRACERIAS.

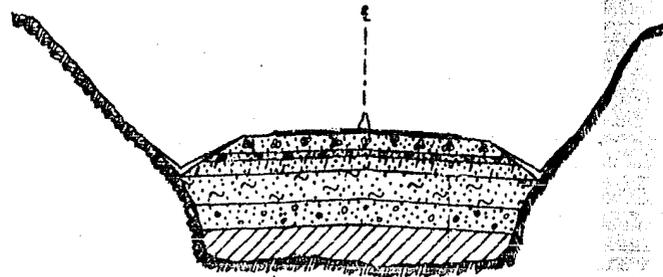
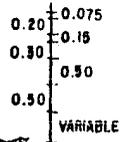
Las terracerías son el conjunto de cortes y terraplenes ejecutados hasta la capa subrasante. Su función es proporcionar una faja de apoyo al pavimento, de superficie uniforme, alineamiento, pendiente y elevación convenientes.

Previo a los cortes y terraplenes se ejecutará la fase de desmonte.

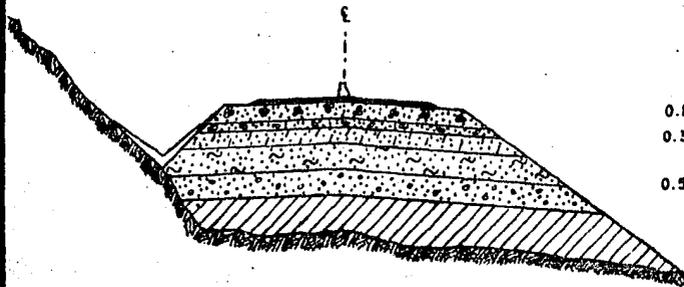




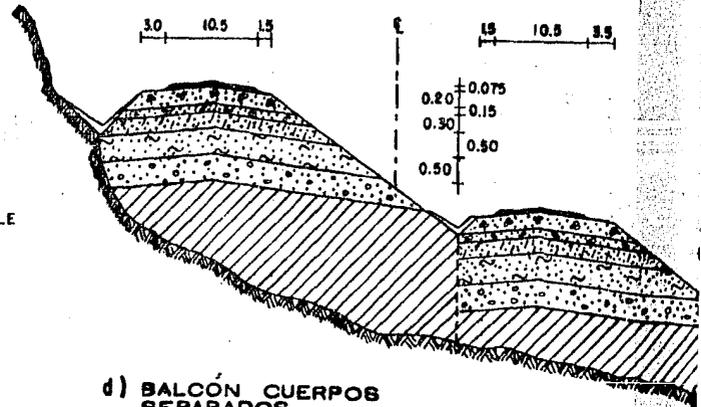
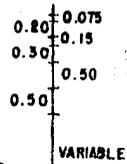
a) TERRAPLEN



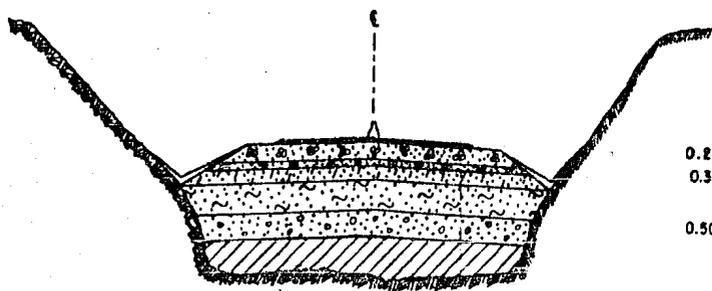
b) CORTE



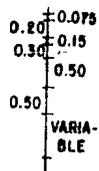
c) BALCÓN



d) BALCÓN CUERPOS SEPARADOS

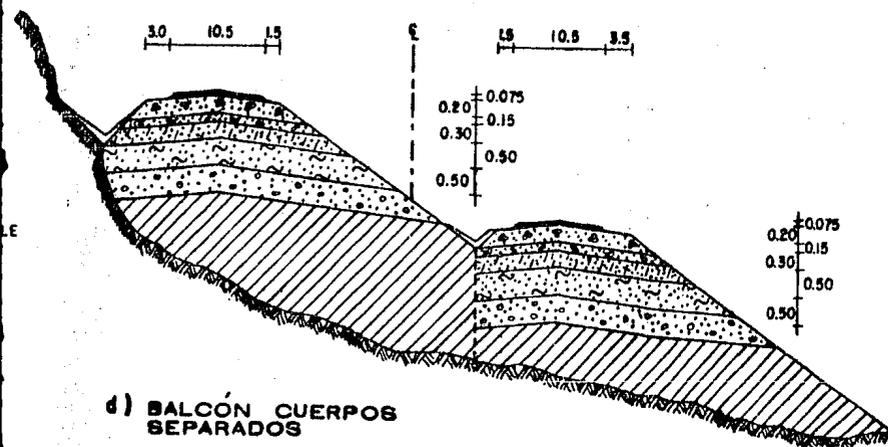


b) CORTE



SIMBOLOGIA

-  Carpeta de Concreto Asfáltico
-  Base Hidráulica Estabilizada
-  Sub-Base
-  Capa Subrasante
-  Capa de Transición
-  Capa Rampedora de Capacidad
-  Cuerpo de Terraplén



d) BALCÓN CUERPOS SEPARADOS

FIGURA IX.2 SECCIONES TIPO

2.1 Desmante.

Es una operación que consiste en el despeje de la vegetación existente en el derecho de vía y en las áreas destinadas a bancos, con el objeto de evitar la presencia de materia vegetal en la obra, impedir daños a la misma y permitir buena visibilidad de acuerdo con lo fijado en el proyecto.

Comprende la ejecución de cualquiera de las operaciones siguientes: Tala, roza, desenraíce, limpia y quema, que consisten en:

- a) Tala; cortar los árboles y arbustos.
- b) Roza; quitar la maleza, hierba, zacate o residuos de las siembras.
- c) Desenraíce; sacar los troncos o tocones de raíces, o cortando éstas.
- d) Limpia y quema; retirar el producto de desmante al lugar que se haya fijado en el proyecto, estibarlos y quemar lo no utilizable.

Las operaciones anteriores se ejecutan normalmente en todo o en parte del derecho de vía, así como en la superficie limitada por las líneas trazadas, cuando menos a un metro fuera de los cercos de los canales y contracunetas y de las zonas que limitan los préstamos, bancos y otras superficies fuera del derecho de vía. En cualquier caso, debe garantizarse que el material producto del desmante, quede fuera de las zonas destinadas para la construcción.

Cualquier capa de humus o de otro material que no sea apropiado para el uso de terraplenes, así como materiales no deseables del subsuelo, deben ser eliminados de la superficie removiendo el terreno.

Las operaciones de desmante se ejecutan a mano o con máquina, dependiendo del tipo de vegetación. Cuando se hacen a mano, con el auxilio de hachas o motosierras, el corte de los árboles debe quedar a una altura máxima sobre el suelo de 75 cm, y de los arbustos a 40 cm. Cuando se hace a máquina, el tractor Bulldozer montado sobre orugas, es el equipo idóneo.

Una vez que se ha estibado el material susceptible de ser aprovechado, se procede a la quema de la materia vegetal no utilizable, tomando las precauciones necesarias para no provocar incendios en los bosques. En caso de que la quema, por seguridad de los bosques o propiedades vecinas o por cualquier otro motivo, no pueda hacerse antes de que se inicie el ataque de las terracerías, el material destinado

a ser eliminado en esta forma, se deposita en algún lugar disponible elegido de antemano, quemándose cuando se juzgue pertinente.

El desmonte debe estar terminado cuando menos un kilómetro adelante del frente de ataque de las terracerías.

Si el desmonte se mide y se paga por unidad de obra terminada, se toma como -- unidad la Hectárea, y en este caso no se hace la división en tramos con características de vegetación semejante según su tipo, ni en subtramos con densidad de vegetación sensiblemente uniforme, ni se determina la densidad de vegetación en los subtramos.

El precio establecido en este caso, también comprende los trabajos necesarios para ejecutar las operaciones de tala, roza, desenraíce, limpia y quema.

2.2 Cortes.

Son excavaciones ejecutadas a cielo abierto en el terreno natural, en amplia - ción o abatimiento de taludes, en escalones y en despalmes de cortes o para el desplante de terraplenes, con el objeto de formar la sección de la obra, de -- acuerdo con lo fijado en el proyecto.

De acuerdo con la dificultad que presentan para su extracción y carga, los materiales producto de cortes se clasifican en tres tipos: material A, material B y material C.

a) Material A.- Es el material blando o suelto, que puede ser eficientemente excavado con motoescrapa de 90 a 110 HP sin auxilio de arados o tractores empujados, aunque ambos se utilicen para obtener mayores rendimientos. Se condiera como material A, los suelos poco o nada cementados, con partículas hasta de 7.6 cm (3"). Como ejemplo están los suelos agrícolas, los limos y las arenas.

b) Material B.- Es el material que por la dificultad de extracción y carga, sólo puede ser excavado eficientemente por tractor de orugas con cuchilla de inclinación variable, de 140 a 160 HP, en la barra o con pala mecánica de capacidad mínima de un metro cúbico, sin el uso de explosivos, aunque por conveniencia se - utilicen éstos para aumentar el rendimiento; o bien, que pueda ser aflojado ---

con arado de 6 toneladas remolcado por tractor de orugas de 140 a 160 HP en la barra. Se consideran como material B las piedras sueltas menores de 75 cm, menores de medio metro cúbico y mayores de 3". Como ejemplo están las rocas muy alteradas, conglomerados medianamente cementados, areniscas blandas y tepetates.

c) Material C.- Un material clasificado como tipo C es el que por su dificultad de extracción sólo puede ser excavado mediante el empleo de explosivos; se consideran como de este tipo las piedras sueltas con una dimensión mayor de 75 cm. y mayores de medio metro cúbico. Entre los materiales clasificables como material C, se encuentran las rocas basálticas, las areniscas y conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolita, granitos y andesitas sanas.

Considerando lo heterogéneo de la corteza terrestre y el grado de dificultad que haya presentado un material para su extracción y carga, en la clasificación de -- los cortes, se toman en cuenta los tres tipos de materiales antes descritos, para determinar claramente de cual se trate. Dicha clasificación se lleva a cabo asignando porcentajes parciales a cada material, según su participación en el volumen total; invariablemente la suma de estos tres porcentajes debe ser 100%. Así por ejemplo, un material intermedio entre A y B se clasificará 50-50-0.

Para el caso en que el corte tenga una clasificación como material A, el sitio donde se ejecuta el corte debe ser despalmado, desalojando la capa superficial del terreno natural, que por sus características no sea adecuada para la construcción de los terraplenes, y por lo tanto debe ser desperdiciada.

El equipo ideal para efectuar éste tipo de trabajo, y bajo esas condiciones, es el tractor Bulldozer montado sobre orugas, del cual se obtienen altos rendimientos.

Las excavaciones en los cortes se ejecutan siguiendo un sistema de ataque --

que facilite su drenaje. Las cunetas se construyen de manera que su desagüe - no cause inestabilidad a los cortes ni a los terraplenes; las contracunetas deben hacerse simultáneamente con los cortes.

Al ejecutar los cortes, particularmente cuando se empleen explosivos, se evita hasta donde sea posible aflojar el material en los taludes más allá de la superficie teórica fijada en el proyecto. Además, los barrenos se cargan con la cantidad mínima necesaria para no provocar un fracturamiento por el que pudiera perderse el agua; para tal caso la profundidad de las perforaciones correspondientes a los barrenos, no debe exceder de 3.0 m y la disposición debe ser tal que la acción de las explosiones no afecte a todo lo ancho del corte, sino que debe de respetar por lo menos un metro del talud, el que posteriormente se remueve prácticamente moréandolo usando para ello una cantidad mínima de explosivos. Lo anterior se debe a que la zona es de alta precipitación pluvial y que provoca flujos subterráneos.

Si la cama del corte es material C; para la formación de la subrasante se excava hasta una profundidad media de 30 cm, bajo toda la sección de la cama, no debiendo quedar salientes de roca a menos de 15 cm, abajo de la subrasante de proyecto.

En los tramos de terracerías compensadas, antes de efectuar préstamos de ajuste, deben vaciarse totalmente los cortes, utilizando todo el material aprovechable en la formación de terraplenes.

Por otro parte, un volumen debe ser desperdiciado por las siguientes razones:

- a) Que no cumpla con las especificaciones de calidad que se requieren en la -- obra, para formar los terraplenes compensados.

b) Cuando exista un exceso de volumen al formar dichos terraplenes.

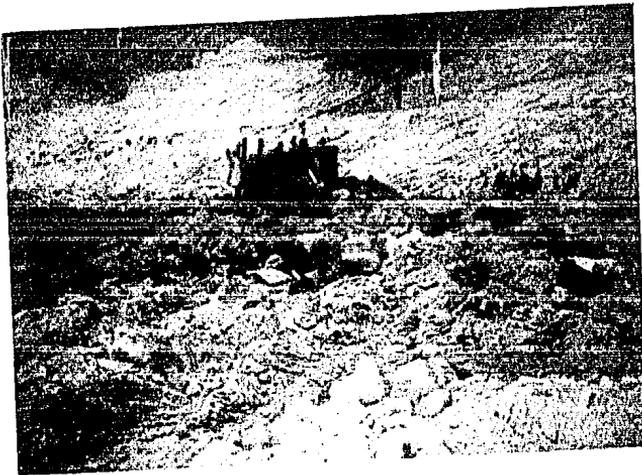
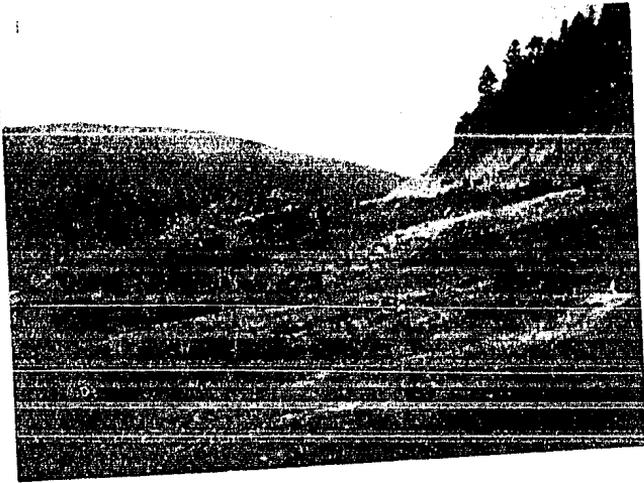
c) Cuando en determinada estación (kilometraje), la curva masa no indique la formación de terraplenes compensados.

Para la ejecución de los cortes, el problema es formar la sección de construcción dada, respetando un cierto talud de inclinación establecido en el proyecto.

Esto se logra, de acuerdo al tipo de material, mediante la combinación principalmente del tractor Bulldozer equipado con desgarrador (ripper) y barrenación usando pistolas neumáticas montadas sobre orugas (Trackdrill) (v. fotos IV.1 y IV.2). De los datos de la curva masa, se obtienen las secciones y se calcula el volumen de ejecución de acuerdo a estas, que corresponden a los de proyecto. En el cuadro IV.1 se indican estos volúmenes.

Cuadro IV.1.- VOLUMEN DE CORTES.

UBICACION		VOLUMEN PROYECTO
de Km	a Km	DE CORTES m ³
0 + 500	al 3 + 880	316,000
2 + 880	al 3 + 500	781,000
3 + 500	al 4 + 000	303,000
4 + 000	al 4 + 500	128,000
4 + 500	al 5 + 000	140,000
5 + 000	al 5 + 500	235,000
5 + 500	al 6 + 000	334,000
6 + 000	al 6 + 370	172,000
6 + 370	al 6 + 700	VIADUCTO
6 + 700	al 7 + 000	166,000
7 + 000	al 7 + 589	538,000
7 + 589	al 7 + 940	TUNEL
7 + 940	al 9 + 500	472,000
9 + 500	al 10 + 000	21,000
S U M A		3'608,000 m ³



FOTOS IV.1 y IV.2 EJECUCION DE CORTES
DE KM 6 + 000 A KM 6 + 300

2.3 Préstamos.

Los préstamos son excavaciones ejecutadas, a fin de obtener los materiales para formar los terraplenes no compensados. Estos pueden ser laterales o de banco.

Los préstamos laterales son los ejecutados dentro de fajas ubicadas fuera de los cerros, en uno o en ambos lados del eje de las terracerías. Los materiales de los préstamos laterales se utilizan exclusivamente en la formación de terraplenes situados lateralmente, con una tolerancia de + 20 m. El ancho de cada faja es de 100 m como máximo.

Los préstamos de bancos son los ejecutados fuera de la faja de 100 m de ancho, cuyos materiales se emplean en la construcción de terraplenes que no están situados lateralmente a dichos préstamos.

Se hacen préstamos de ajuste, cuando se haya utilizado totalmente el material aprovechables de los cortes.

Cuando los préstamos se hacen cerca de las terracerías, se deja una berma o banqueta de ancho mayor de 3 m, entre la línea de cerros del terraplén y la orilla de la excavación para el préstamo.

2.4 Terraplenes.

Los terraplenes son estructuras ejecutadas con material adecuado producto de cortes o de préstamos, de acuerdo con lo fijado en el proyecto. Se consideran también como tales las cuñas contiguas a los estribos de puentes y el relleno de excavaciones adicionales abajo de la subrasante en cortes.

Los materiales que se emplean en la construcción de terraplenes, se clasifican en compactables y no compactables.

Los materiales compactables son los fragmentos de rocas muy alteradas, conglomerados medianamente cementados, areniscas blandas y tepetates.

Son materiales no compactables los fragmentos de roca provenientes de mantos sanos, tales como basaltos, conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas, granitos y andesitas.

Hay una prueba de campo que se hace cuando haya duda a si el material es o no compactable. Dicha prueba considera porcentaje y tamaño de material retenido en la malla de 3"; si el material retenido es menor de 30% en peso de la muestra total, se considera material compactable, en caso contrario, será material no compactable.

La construcción de los terraplenes se inicia una vez desplumado el sitio donde se desplantará, desalojando la capa superficial del terreno natural, para eliminar el material que se considere inadecuado; se rellenan los huecos ocasionados por el desenraíce, se escarifica y se compacta el terreno natural en el área de desplante hasta alcanzar 95% de compactación.

Los terraplenes se construyen por capas sensiblemente horizontales en todo el ancho de la sección y de un espesor aproximadamente uniforme que se ejecuta a lo siguiente: en el caso de material compactable, el espesor de las capas sueltas debe ser tal que se obtenga la compactación fijada; si es material no compactable, el espesor de las capas sueltas es el mínimo que permita el tamaño máximo del material.

Los terraplenes se forman con una corona más ancha y con un talud diferente a los de proyecto; se obtienen así las Cuñas Laterales de Sobreancho, las que son recortadas una vez que se termina la construcción del terraplén. Esto con el fin de que el equipo cubra el grado de compactación fijado para toda la -- sección.

Para evitar un deslizamiento entre el plano original y el material de relleno en la sección en balcón, se construyen los Escalones de Liga que logran la -- transmisión de las cargas del terraplén a planos horizontales, dando una buena conexión entre el terraplén y el terreno natural. Los escalones de liga deben quedar alojados en terreno firme o por lo menos bajo las capas más alteradas. Las dimensiones del escalón se establecen para cada caso particular, pero el -- ancho (huella) debe ser suficiente para permitir la operación del tractor, que suele requerir por lo menos 2.50 m.

La formación de terraplenes bandeados con tractor, es un procedimiento de construcción que se utiliza principalmente en el caso de formación de terraplenes, con material compensado de cortes. Efectuado el corte, se bandea el material, pasando el tractor varias veces sobre cada capa de material, hasta formar el terraplén pedido.

Los terraplenes son afinados, nivelados y seccionados, cuyos datos deben estar dentro de las tolerancias que al respecto marcan las Especificaciones Generales de Construcción de la SCT.

En la foto IV.3, se muestra la construcción de terraplenes, con producto de la excavación del portal de acceso al túnel. En la foto IV.4, se puede apreciar un tramo de terracería terminada.

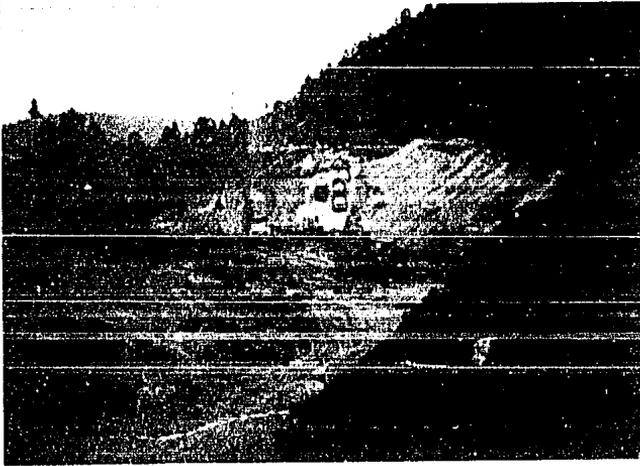


FOTO IV.3. CONSTRUCCION DE TERRACERIAS, DE KM 8 + 000 A KM 8 + 100

FOTO IV.4. TERRACERIA TERMINADA, DE KM 4 + 000 A KM 4 + 500

2.5 Formación de las Capas de Sustentación del Pavimento.

Estas capas que forman parte de las terracerías, son en este caso la capa rompedora de capilaridad, la capa de transición y la capa subrasante.

- Capa Rompedora de Capilaridad.

La construcción de esta capa se justifica por lo siguiente: Las características geológicas predominantes en la zona donde se construye el camino en estudio, corresponden a tobas limo-arenosas empacando a fragmentos chicos, medianos y grandes de roca andesítica; materiales que son muy permeables, la precipitación fluvial es alta y se provocan flujos subterráneos, que al romper la estructura con los cortes del camino se reblandece el material perdiendo su resistencia y provocando su inestabilidad. En el caso de los terraplenes, estos flujos provocan la ascensión capilar y debilitan la estructura de las capas próximas a la superficie de rodamiento.

El espesor de la capa rompedora de capilaridad es de 50 cm y está constituida por material grava-arena con tamaños máximos de 3" y un contenido de finos no mayor de 5% que pasa la malla No. 200.

Para la ejecución de esta capa, el material grava-arena se acomoda mediante bandeo, dando tres pasadas por punto con un tractor Bulldozer D-6 o similar. Esta capa se coloca antes de la capa de transición.

- Capa de Transición.

La capa de transición o subyacente se construye con material compactable, con tamaños máximos de 3". Tiene un espesor de 50 cm y el grado de compactación es de 95%.

La función principal de esta capa es la de evitar que las imperfecciones de la cama de los cortes en roca, se reflejen en la capa subrasante y la de evitar la incrustación de esta en el cuerpo del terraplén, en el caso de que esté formado por fragmentos de roca.

Para la ejecución de la capa de transición, se coloca en capas sensiblemente horizontales en todo lo ancho de la sección y de un espesor uniforme, tal que se alcance la compactación y espesor fijados. Esta capa se ejecuta antes de la subrasante.

- Capa Subrasante.

Las principales funciones de la capa subrasante son:

- a) Resistir los esfuerzos de los vehículos, que le son transmitidos por el pavimento.
- b) Transmitir los esfuerzos anteriores al resto de las terracerías, distribuidas del tal manera que puedan ser resistidos por los materiales subyacentes.
- c) Evitar la contaminación de la parte inferior del pavimento con los materiales que forman el cuerpo del terraplén.
- d) Disminuir el costo de las capas de pavimentos, principalmente cuando se tienen terracerías de baja calidad.
- e) Uniformar los espesores requeridos de pavimento, al compensar la variación de resistencia en la terracería.

Esta capa tiene un espesor mínimo de 30 cm y se forma con material que no tenga partículas mayores de 3" (tamaño máximo). Debiendo tener un valor relativo de soporte mayor al 15% y expansión menor de 3%.

La capa subrasante se forma con dos capas de 15 cm de espesor, compactándolas al 100%. Generalmente la subrasante se construye con materiales procedentes de bancos fijados en el proyecto para tal caso.

Su proceso de construcción es el siguiente: Sobre la capa de transición es depositado el material procedente del banco, que formará la subrasante, el cual es homogenizado por la motoconformadora eliminando por papeo el material que tenga tamaño mayor de 3". Una vez formado el terraplén se procede a compactarlo agregando agua hasta lograr la humedad óptima de compactación. La incorporación de agua al material se realiza con auxilio de las pipas. La compactación se hace por medio de neumáticos ligeros y rodillos vibratorios, se afina con la cuchilla de la motoconformadora para dar un nivel de proyecto y un buen acabado.

Para dar por terminada la construcción, se revisa su afinamiento, se verifica su grado de compactación, su espesor, alineamiento, el perfil, seccionamiento ancho de corona y su acabado dentro de las tolerancias que para tal caso rigen en las Normas para Construcción de la S.C.T.; en el nivel ± 3 cm, en ancho de corona del centro de la línea al hombro de la sección $+ 10$ cm.

IV.3 OBRAS DE DRENAJE.

El agua es uno de los elementos que mayores problemas causa a los caminos, afectando de diversas maneras; procedentes de las lluvias, se infiltran o discurren por la superficie del terreno.

Las aguas que fluyen superficialmente provocan erosiones en cortes y terraplenes y tienden a correr hacia las cañadas y bajos topográficos; allí se almacenan a causa de obstáculo que respresenta el bordo de tierra, a no ser que sean oportunamente eliminadas por una alcantarilla construída a través de la estructura; al almacenarse, se infiltra a través del bordo produciendo en él saturación que abate su resistencia al esfuerzo cortante y propicia asentamientos, fuerzas de filtración que amenazan su estabilidad y peligro de tubificación.

Las aguas que se infiltran en el terreno tienden a brotar en los cortes practicados para alojar la carretera o en la corona de la misma, amenazando la estabilidad de los cortes y el comportamiento del pavimento.

El problema del drenaje es de importancia y se refleja en la duración y en el buen funcionamiento de la carretera, así como en los costos de conservación.

El drenaje del camino se clasifica en superficial y subterráneo, según que el escurrimiento se realice o no a través de las capas de la corteza terrestre.

3.1 Drenaje Superficial.

En la carretera el drenaje superficial es el destinado a captar y eliminar las aguas que corren sobre el terreno natural o sobre la estructura; principalmente, estas aguas proceden directamente de las lluvias, aunque a veces tienen su origen en inundaciones de corrientes fluviales o en manantiales.

El drenaje superficial se clasifica, según la posición que las obras guardan con respecto al eje del camino, en longitudinal y transversal.

El drenaje longitudinal es el que tiene por objeto captar los escurrimientos para evitar que lleguen al camino o permanezcan en él, de tal manera que no le causen desperfectos; quedan comprendidos dentro de este tipo las cunetas, contra cunetas, bordillos y canales de encauzamiento.

Se llaman de drenaje longitudinal porque están situadas más o menos en forma paralela al eje del camino.

El drenaje transversal es el que tiene por objeto dar paso libre al agua que cruza de un lado a otro del camino, o bien, retirar lo más pronto posible el agua de su corona; quedan comprendidos en este tipo de drenaje los lavaderos, el bombeo de la corona, las alcantarillas (drenaje menor) y los puentes (drenaje mayor).

En el tramo de carretera La Venta-La Marquesa, no se definieron en proyecto obras de drenaje mayor, ya que el viaducto no se considera como tal pues este libra una hondonada para el paso del camino.

En los cortes para la carretera las dos estructuras fundamentales del drenaje superficial son la cuneta, la contracuneta y los lavaderos.

Las cunetas son pequeñas zanjas paralelas al eje del camino, que se construyen en los bordes de la corona, al pie del talud del corte. Su función es recoger y eliminar por gravedad las aguas pluviales que le llegan desde el talud del corte y desde la zona pavimentada del camino, que debe tener una ligera pendiente transversal (bombeo) hacia la cuneta. Generalmente la cuneta cubre toda la longitud del corte, manteniendo pendiente longitudinal en el sentido del eje del camino y hacia alguna cañada o bajo en el que pueda eliminarse el agua sin

peligro de erosión; por lo que se protege la zona de bajada con una estructura de descarga de mampostería (zampeado), concreto o lámina galvanizada, denominada lavadero. La cuneta debe ir revestida de algún material impermeable y resistente a la acción del agua corriente, para evitar filtraciones hacia los materiales que formen el pavimento o el terreno de cimentación. Se construyen generalmente de concreto hidráulico.

Las contracunetas son pequeñas zanjas construidas paralelamente al borde superior del corte, con el objeto de captar el agua que escurre superficialmente del terreno superior y evitar así que llegue al talud y lo erosione. Estas contracunetas no deben ser muy profundas, deben de impermeabilizarse y darles una pendiente longitudinal suficiente; ambas cosas para evitar la filtración del agua en el cuerpo del talud y crearle problemas de estabilidad. Las secciones de las contracunetas, generalmente es de forma trapezoidal, cuyas dimensiones mínimas son de 80 cm en la plantilla y 50 cm de profundidad.

Los lavaderos son estructuras que se conectan a los bordillos, cunetas y contracunetas. Son de pendiente excesiva, originando que el agua tenga un alto poder erosivo, por lo cual deben ser revestidas de concreto o mampostería o de sección de medio tubo de lámina galvanizada corrugada con juntas atornilladas. En algunas ocasiones, es necesario que los lavaderos estén provistos de dentellones o pijas, para garantizar su anclaje a los taludes y evitar su deslizamiento.

En los terraplenes las principales estructuras de drenaje superficial y auxiliares son las alcantarillas, los lavaderos y los bordillos.

Las alcantarillas son estructuras de forma diversa que tienen la función de conducir y desalojar lo más rápidamente posible el agua de las partes bajas del terreno que atraviesan el camino. Por la forma de su sección y el material de que están construidas, se clasifican en tubos, bóvedas, losas sobre estribos y cajones. Estan siempre alojadas en el cuerpo de la terracería.

En el tramo La Venta-La Marquesa se construyen alcantarillas tubulares principalmente, por lo que el estudio del drenaje menor se enfocará sobre estas.

Las alcantarillas tubulares son construidas con tubos prefabricados en secciones

ya sea de lámina o de concreto. Tiene la ventaja sobre cualquier otro tipo, - de la rapidez de su construcción, pues inmediatamente después de tendido se pue de ejecutar el terraplén.

La construcción de las alcantarillas tubulares se inicia con el trazo y nivelación del eje de la obra, apoyados en el proyecto respectivo. El Topógrafo es el encargado de llevar a cabo este trabajo, el cual proporciona los datos de - trazo y nivel de la obra para iniciar su excavación.

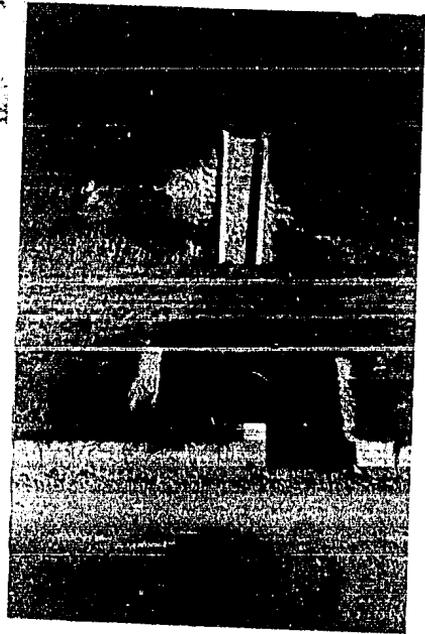
La excavación es llevada hasta el nivel de desplante de la obra. Normalmente el equipo empleado para efectuar esta operación es el tractor Bulldozer con - Ripper o desgarrador. Terminada la excavación, se limpia perfectamente la superficie y se compacta; a continuación se coloca el tubo, armándose por tramos dentro de la misma excavación y recubriéndolo con doble capa de cemento asfáltico que lo protege contra la erosión o la corrosión, también puede ser armado - previamente fuera de la excavación si así conviene. A continuación se procede a construir sus muros de cabeza (cabezotes de entrada y salida) que sirven de anclaje a la obra e impiden que el material del terraplén azolve las entradas o salidas, de la misma obra.

Después de colocados los tubos, se procede a efectuar su relleno. Estos deben hacerse por capas de espesores no mayores de 20 cm, proporcionando al material la humedad adecuada y compactando cada capa al 90%. El relleno formará una sección trapezoidal que protege al tubo con una base inferior de 3ϕ , base superior de 1ϕ y altura de 1.5ϕ , siendo ϕ el diámetro del tubo. El material se coloca en forma alternada para conservarlo constantemente a la misma altura en ambos lados del tubo. El colchón mínimo para las alcantarilla es de 60 cm, para su mejor funcionamiento estructural. La compactación se hace a mano o con equipo mecánico, dependiendo de las condiciones del sitio.

Los bordillos son pequeñas obras de concreto hidráulico ($f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$) o - concreto asfáltico que se construyen sobre los acotamientos en los bordes de - la corona del camino y en el borde opuesto al corte en las secciones en balcón o en la parte interior de las secciones de terraplén en curva. Su función es la de impedir que el agua desborde por los taludes provocando la erosión y la saturación de estos. Conducen el agua hacia un lugar bajo donde se pueda ex - pulsar por medio de un lavadero. Son de sección trapezoidal con una base infe-

rior de 15 cm, base superior de 8 cm y altura de 12 cm. La distancia del eje del bordillo y el hombro del camino debe ser de 20 cm,

Las fotografías IV.5 y IV.6 muestran las obras de drenaje superficial, ejecutadas en el tramo de carretera en estudio; contracuneta, lavadero y alcantarilla.



OBRAS DE DRENAJE SUPERFICIAL.

FOTO IV.5. CONTRACUNETA Y LAVADERO.

FOTO IV.6. LAVADERO Y ALCANTARILLA.

3.2 Drenaje Subterráneo.

El drenaje subterráneo o subdrenaje es el encargado de abatir el nivel freático y de canalizar los flujos de agua subterránea, hasta donde no sea perjudicial al camino.

El agua tiene gran influencia en el comportamiento mecánico de los suelos y en la estabilidad de cortes y terraplenes. Cuando el agua se presenta en forma no estática, es decir que se encuentra fluyendo a través de las masas del suelo, se originan fuerzas de filtración que afectan casi siempre en forma desfavorable la estabilidad de cortes y terraplenes. Cuando el agua se presenta en forma estática, es decir que no se encuentra en condiciones de flujo, afecta el comportamiento del suelo al reducir los esfuerzos efectivos, conduciendo a resistencia menores y a mayor deformabilidad de los mismos cuando se les sujeta a esfuerzos. En suelos finos de naturaleza plástica, los cambios de humedad debido a las condiciones climáticas e hidráulicas del suelo, se expanden y contraen; las expansiones aumentan la deformabilidad y disminuyen su resistencia y las contracciones propician la deformación de agrietamientos que afectan la estabilidad y el buen funcionamiento del camino. En suelos saturados poco permeables, se producen presiones de poro o esfuerzos neutrales en el agua, que hacen que disminuya su resistencia y aumente la deformabilidad.

Cuando el agua fluye a través de los taludes de corte o de los terraplenes, se debe a que se encuentra a presión mayor que la atmosférica, por lo que para captarla bastará con introducir en la masa del suelo zonas de menor presión o sea introducirle la presión atmosférica, lo cual se hace por medio de excavaciones o perforaciones conectadas a la atmósfera. Esta zona de menor presión creará un gradiente hidráulico hacia ella, de lo que resultará un flujo de agua que podrá ser controlado con mayor facilidad que estando disperso, además de que incluirá el secado de la masa con lo cual se provocará el aumento de la resistencia al esfuerzo cortante y disminuirá las presiones hidrostáticas.

De acuerdo con lo anterior, se comprende la importancia del drenaje en la estabilidad de taludes. En la figura IV.3 se muestran los sistemas de drenaje usados.

Las obras de subdrenaje más comunes del camino son los drenes longitudinales de zanja y los drenes transversales, a estos elementos se les llama subdrenes.

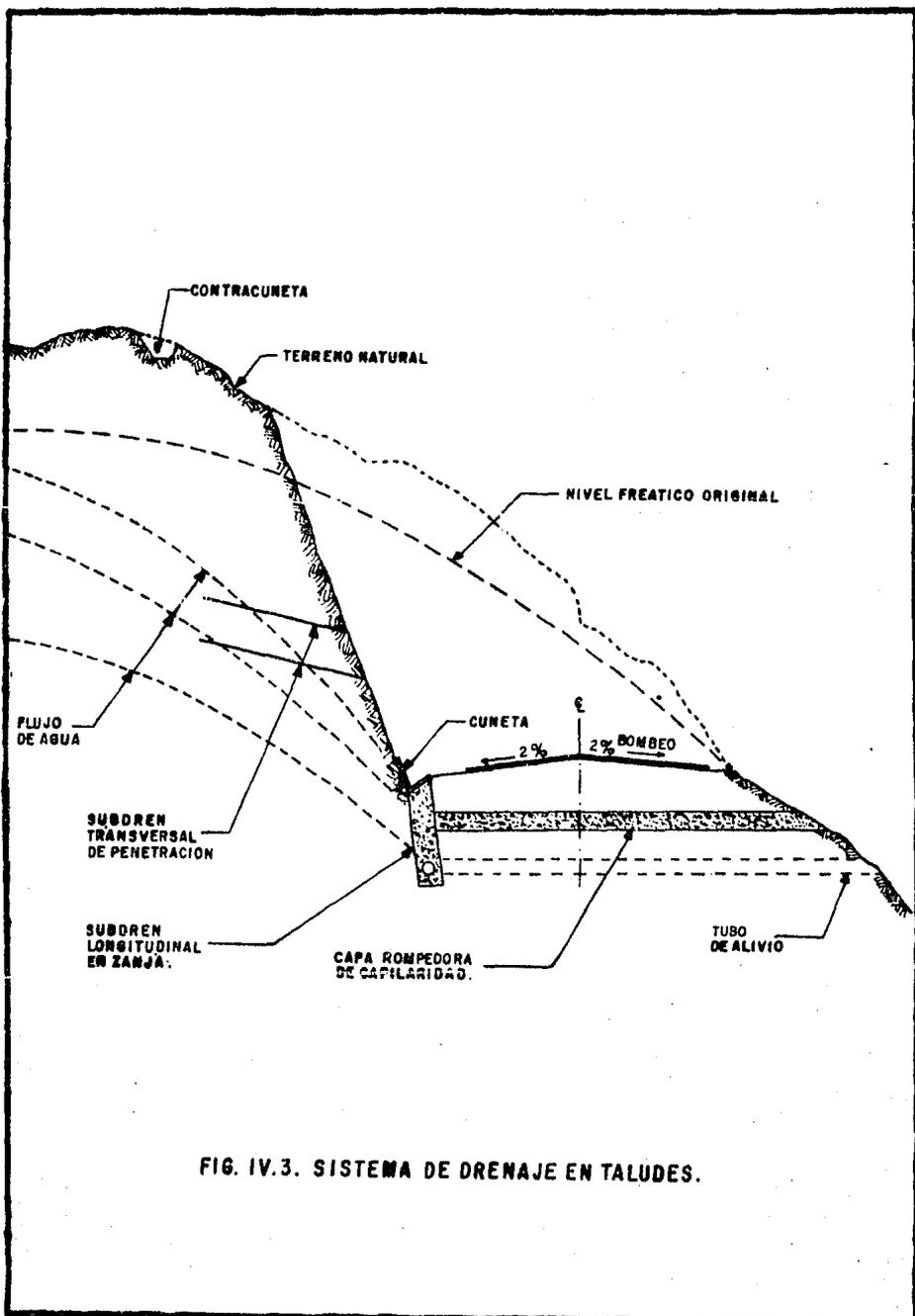


FIG. IV.3. SISTEMA DE DRENAJE EN TALUDES.

- Drenes Longitudinales de Zanja.

La finalidad de este tipo de subdrén es la de bajar el nivel freático del terraplén y en menor escala disminuir la zona saturada del talud de corte.

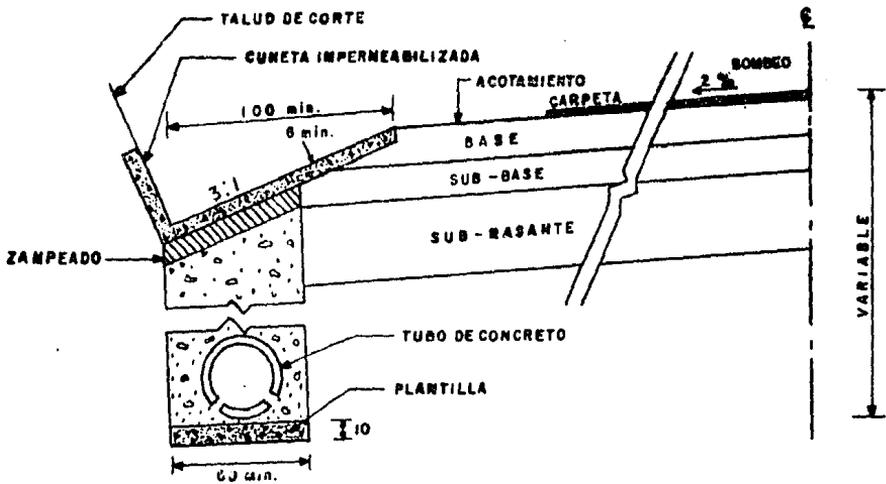
Para construir el subdrén, una vez elegido el sitio donde se requiera, se excava la zanja con ancho mínimo de 60 cm y a la profundidad requerida. En el fondo se coloca una plantilla de 10 cm de espesor con el mismo material del filtro, apisonándola para tener una superficie resistente y uniforme, con la pendiente de proyecto. Se colocan los tubos de concreto, sin juntear, con diámetro interior mínimo de 15 cm; estos tienen cuatro hileras de perforaciones, dos a cada lado en forma simétrica con relación al eje vertical, con las perforaciones hacia abajo y con una pendiente mínima de 0.5%. Enseguida se cubre la tubería hasta el nivel fijado con los materiales de filtro; estos son arena-grava limpias, las cuales deben estar húmedas para evitar su segregación, se colocan a voltes por capas de 20 cm de espesor aproximado y se les da un apisonado suave para lograr su acomodo. El material filtrante debe tener tamaños máximos de 2" y con 5% máximo de finos pasando la malla 200, además debe cumplir $LL \leq 25\%$, $IP \leq 5\%$. Por último, el material filtro se cubre, para evitar que se contamine, con un zampeado o capa impermeable de material estabilizado con cemento, con espesor de 10 a 15 cm. (v. fig. IV.4).

Con el propósito de hacer inspección y limpieza en los subdrenes, se construyen registros (pozos de visita) en la ubicación y características requeridas según el caso particular.

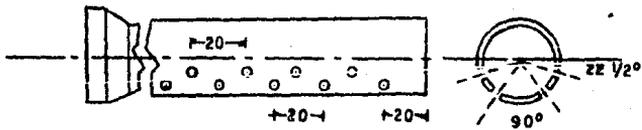
- Drenes Transversales.

Los drenes transversales se colocan en los cortes cuando existen fuertes filtraciones a través de los taludes (v. fig. IV.5)

Consisten en la introducción de tubos, de PVC de 2" de diámetro perforados lateralmente (la distancia de la perforación varía de 10 a 20 cm), a través de los taludes. La longitud de estos tubos debe ser tal que cruce la superficie potencial de falla detectada, rebasándola cuando menos 5 m; dado los cortes que se tienen en este tramo, la longitud de los drenes es de 15, 20 y 25 m. Para alcanzar estas longitudes se unen los tramos de tubo comerciales mediante coples, unícos con pegamento para PVC. La pendiente de los tubos no debe ser menor a -



SECCION TRANSVERSAL



PERFORACIONES DEL TUBO DE CONCRETO

FIG. IV.4 SUBDRENES EN ZANJA

Nota: Acotaciones en cm.

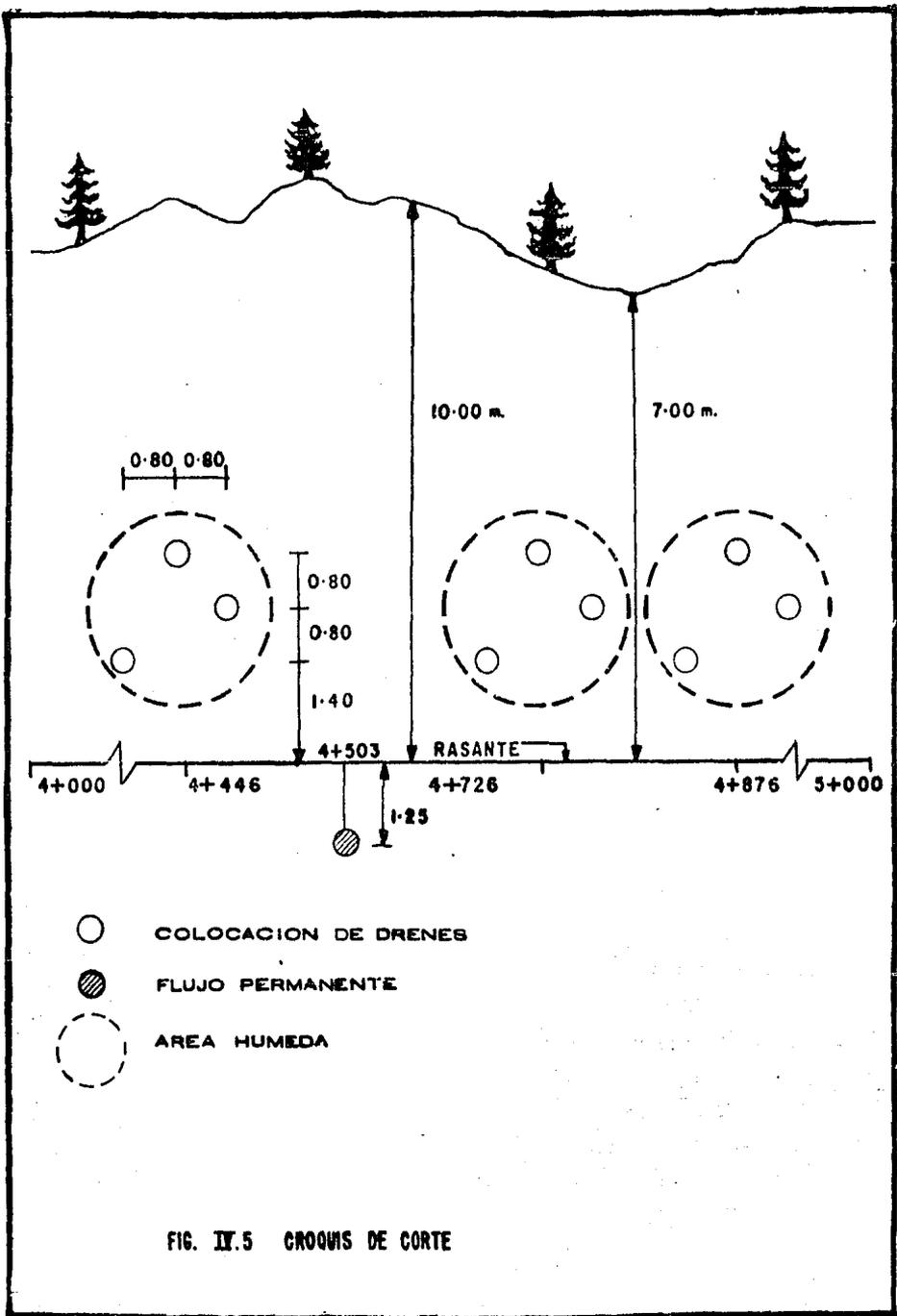


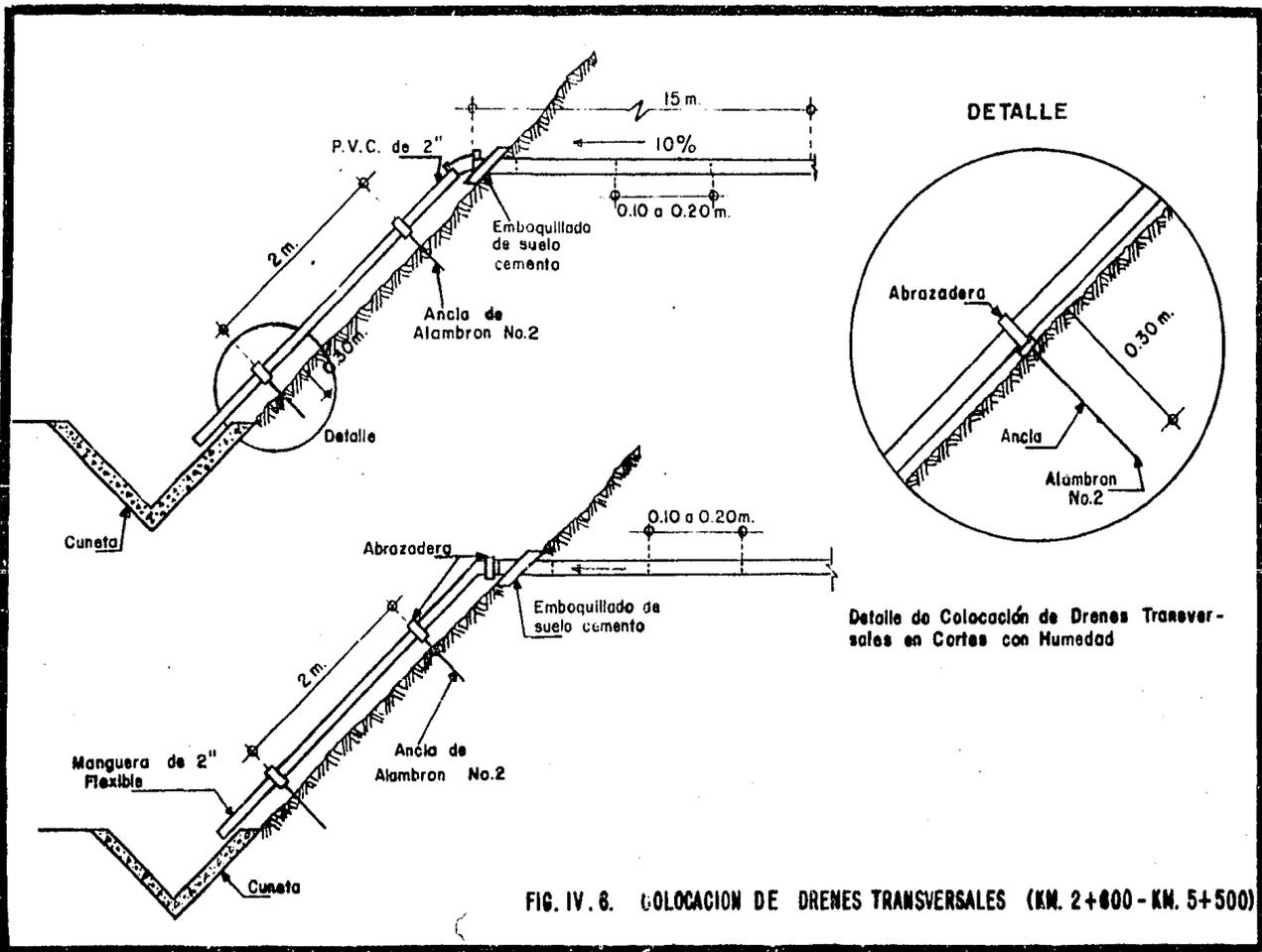
FIG. IX.5 CROQUIS DE CORTE

5% ni mayor a 20%. La descarga de los tubos no debe hacerse directamente a los taludés; el agua producto del flujo se descarga mediante conexiones hasta la cuneta (v. fig. IV.6)

Previo a la introducción de los drenes, se hace una perforación con equipo especializado; el equipo utilizado es la perforadora neumática de tipo minero - montada en orugas (track drill), en la que el martillo va montado en la punta de la tubería de perforación. El tubo colocado al centro del barreno es ro - deado por arena que se introduce a presión con un equipo especializado adaptado.

Dependiendo de la intensidad del problema se pueden colocar una o dos hileras de tubos.

En las fotos IV.7 y IV.8 se aprecia el equipo de barrenación track drill y la colocación de subdrenes en el corte de la zona denominada Puerto Las Cruces , km 4 + 000 a km 5 + 000.



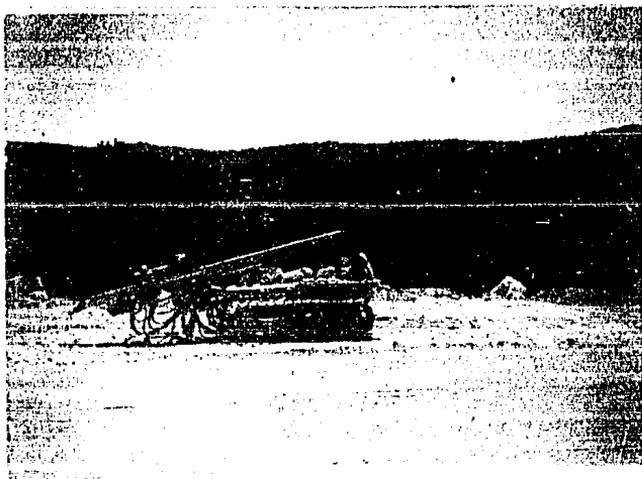


FOTO IV.7 EQUIPO DE BARRENACION PARA DRENES TRANSVERSALES.

FOTO IV.8 COLOCACION DE TRANSVERSALES.

IV.4. PAVIMENTACION

4.1. Generalidades.

Se entiende por pavimento a un conjunto de capas construídas con materiales - seleccionados, que reciben y resisten las cargas del tránsito y las transmiten adecuadamente distribuídas a las capas inferiores; proporciona la superficie de rodamiento.

Puede ser de dos tipos: flexible o rígido. El pavimento flexible se compone de una carpeta asfáltica, una capa de material de base y una capa de material de sub-base, - dentro de esta clasificación se incluyen también los pavimentos estabilizados con cal o cemento (base estabilizadora), que se clasifican en otros lugares como del tipo semi-rígido-. El pavimento rígido es una estructura simple, reforzado, continuo o presforzado, que puede apoyarse en la sub-base o directamente sobre las terracerías.

El tipo de pavimento que se construye en el tramo La Venta-La Marquesa es del clasificado como flexible. Las capas que lo constituyen, mencionadas de las superiores a las inferiores, son: carpeta de concreto asfáltico, base hidráulica estabilizada y sub-base. El pavimento se ejecuta sobre las terracerías, después de la capa subrasante.

La sub-base sirve de transición, tanto en lo referente a soporte de los esfuerzos, los esfuerzos que le llegan son de menor intensidad debido a su mayor - alejamiento de la superficie de rodamiento, como a la calidad en general de la estructura, como es el caso de la granulometría, ya que cuando se pasa de un material fino a uno grueso o viceversa, se provocan incrustaciones que comúnmente dañan al material de buena calidad, produciendo deformaciones. Esta capa - se utiliza también como drenadora; por un lado, impidiendo el ascenso de agua capilar hacia la vase y por otra, permitiendo el paso del agua que se puede -- infiltrar desde arriba.

La base tiene una función económica y estructural; permite reducir los espesores de carpeta, que es más costosa. Debe ser una capa que soporte las cargas del tránsito y sea capaz, a su vez, de transmitir los esfuerzos resultantes con venientes a los niveles inferiores.

La carpeta asfáltica constituye la superficie de rodamiento, uniforme y estable para soportar los efectos abrasivos y rasantes del tránsito directo y de la intemperie. Debe ser además antiderrapante e impermeable.

4.2 Construcción de la Sub-base y Base.

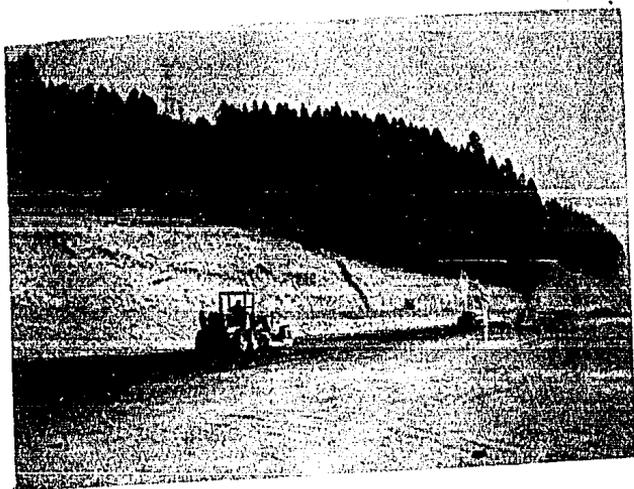
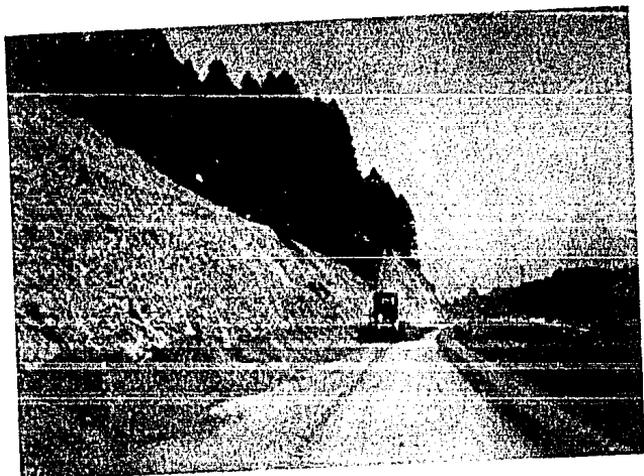
Los procedimientos de construcción son indistintos para sub-bases y bases, -- pues una y otra se construyen de la misma forma. Comprenden la elaboración, transportación, tendido, afinamiento y compactación. Estas capas se elaboran con material granular (grava) mezclado con cementante natural y agua.

Para ejecutar las capas de sub-base y base de éste tramo de carretera en estudio; el proyecto dice que la sub-base y base se construirán con un espesor de 15 y 20 cm respectivamente, la base se estabilizará con cemento portlan y se comcompactaran al 100% de su PVSM Pórter.

Conociendo lo anterior, además de la ubicación de los bancos de materiales - (v. cuadro II.2), se procede en gabinete a efectuar los cálculos correspondientes para obtener los volúmenes de proyecto compactos, los cuales deben traducirse (utilizando sus pesos volumétricos en estado seco y suelto, y sus respectivos coeficientes de variación volumétrica obtenidos en el laboratorio, aquí entran los conceptos de abundamiento y reducción volumétrica) a volúmenes sueltos en camellones, con sus respectivas dosificaciones.

Sobre la subrasante debidamente terminada y perfilada, es depositado el material procedente del banco a través de acarreo en camiones de volteo; es muy importante respetar la separación entre montón y montón del material, ya que de esto dependerán los espesores de la sub-base, esta distancia se calcula con base a volúmenes compactados de proyecto. A continuación con la ayuda de la motoconformadora se va descompactando el material hasta tenerlo acamellonado, en seguida se procede a homogenizarlo, para lo cual la motoconformadora al ponerse en movimiento va revolviendo el material, hasta formar otro camellón en el lado opuesto; se repite este proceso incorporándole alternativamente, la humedad necesaria con pipas hasta que presente un aspecto homogéneo. Logrado lo anterior, se inicia el tendido del material en capas con espesor no mayor de 15 cm. (v. fotos IV.9 y IV.10).

Al material de base, estando aún seco, se le adiciona un 3% aproximadamente en peso de cemento portlan tipo I y se procede al acamellonado, lo que sigue es igual a lo explicado.



FOTOS IV. 9 y IV.10 TENDIDO Y AFINAMIENTO DE LA BASE.

Una vez que se tiene el material tendido y homogenizado en cuanto a granulometría y humedad (es muy importante lo anterior ya que de ello depende el buen funcionamiento de la estructura), se procede a efectuar su compactación.

El costo de compactación representa una muy pequeña parte del costo total de la obra, a cambio de esto, la compactación tiene una decisiva influencia en la calidad y tiempo de vida de la obra. Una compactación eficiente incrementa -- sustancialmente el valor soporte y la estabilidad del material, mejora la impermeabilidad y prácticamente elimina los asentamientos. Así la compactación hace al suelo capaz de soportar las cargas del tránsito y reduce sustancialmente los costos de mantenimiento.

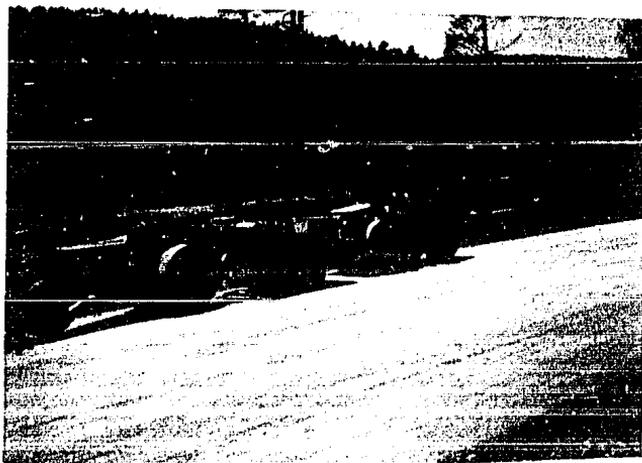
Cada capa se compacta al 100% de sus PVSM Pórtier, para lograr la compactación se procede de la siguiente manera; una vez tendido el material y cuidando el control de la humedad óptima, esto se logra incorporando continuamente agua -- sólo para compensar la pérdida de humedad por evaporación, se usa el equipo de compactación, que en tangentes iniciará su operación de las orillas hacia el -- centro y en las curvas, de la parte interior de la misma hacia la parte exterior.

Para lograr la compactación que se pide de sub-base y bases, debido a las características de los materiales que forman las capas, se usa una combinación de equipos; los Rodillos Vibratorios, los cuales permiten compactar el espesor en una sola capa, obteniendo con ello mayor rendimiento del equipo. Los Rodillos Neumáticos, auxiliados con Rodillos Lisos Tipo Tándem, que dejan un buen acabado en la base. El número de pasadas del equipo será determinado por el laboratorio, hasta lograr la compactación fijada.

En las fotos IV.11 y IV.12, se parecía el equipo de compactación y el acabado de la base.

Para dar por terminada la construcción de la Sub-base y base se verifica el alineamiento, perfil, sección, compactación, espesor y acabado, aspectos fijados por el proyecto y dentro de las siguientes tolerancias:

	Sub-base	Base
- Ancho de la sección, del eje a la orilla	+ 10 cm	+ 10 cm
- Pendiente transversal	<u>±</u> 1/2 %	<u>±</u> 1/2 %
- Profundidad de las depresiones, observadas colocando una regla de 3 m. paralela y <u>nor</u> malmente al eje.	2 cm máx.	1 1/2 cm máx.



FOTOS IV. 11 y IV.12. COMPACTACION DE BASE.

4.3. Riego de Impregnación.

Es la aplicación de un asfalto rebajado o la superficie de la base, con objeto de impermeabilizarla y estabilizarla, para favorecer la adherencia entre ella y la carpeta asfáltica. El asfalto rebajado usado es de mediana densidad FM-1, que logra una buena penetración y a la vez, no es fácil de atacar por el intemperismo, como lo sería uno de alta densidad.

El asfalto se prepara llevándolo al lugar por medio de Nodrizas, las cuales - al llegar pasan asfalto a La Petrolizadora, la cual le dá la temperatura (60°C) neccsaria para poder esparcirlo sobre la base por medio de espreas.

El proceso constructivo es el siguiente: sobre la base estabilizadora superficialmente barrida, en todo lo ancho y en los taludes del material que forme el pavimento, se aplica un riego a razón de 1.4 lt/m² aproximadamente, iniciándolo del hombro (incluyendo el talud del pavimento) hacia el centro del camino. La superficie impregnada deberá presentar un aspecto uniforme, observando que el material asfáltico quede firmemente adherido.

Se recomienda una penetración mayor de 4mm, aunque puede ser menor, siempre y cuando exista una buena adherencia entre el material asfáltico y la capa de - base. Por último, se retira el exceso de material asfáltico que se haya acumulado en alguna forma.

4.4. Carpeta de Concreto Asfáltico.

Es la que se construye mediante el tendido y compactación de mezclas elaboradas en caliente, en una planta estacionaria utilizando cementos asfálticos y materiales pétreos.

La planta estacionaria consta principalmente de:

- Secador con inclinación ajustable, colocado antes de las cribas clasificadoras.
- Cribas para clasificar el material pétreo en tres tamaños.
- Tolvas para almacenar material pétreo, que lo protegen de la lluvia y del polvo.
- Dispositivos que permiten dosificar los materiales pétreos, por peso.
- Equipos para calentar y dosificar, en forma controlada, el cemento asfáltico.
- Mezcladora, equipada con un dispositivo para el control de tiempo de mezclado.

Sobre la base hidráulica impregnada se aplica en la zona donde se contruye la carpeta, un riego de liga, con petrolizadora, con producto asfáltico FR-3 a razón de 0.5 lt/m² aproximadamente, para luego construir la carpeta de concreto asfáltico. Dejando transcurrir, entre ambas operaciones, el tiempo necesario para que el material asfáltico regado adquiera la viscosidad adecuada.

El material pétreo se calienta y se seca antes de introducirlo a la mezcladora. Su temperatura deberá estar comprendida entre 120°C y 160°C en el momento de agregarle el cemento asfáltico, que está comprendido entre 120°C y 150°C, al salir de la planta de elaboración.

Elaborado el concreto asfáltico, se transporta en vehículos con cajas metálicas (volteos), cubierto con una lona que lo preserve de la contaminación y de la pérdida de calor durante el trayecto. Se vacía en una máquina extendidora, que procede a tender a una temperatura mínima del concreto de 110°C, en el espesor y ancho fijados en el proyecto. La velocidad de la máquina se regula de manera que el tendido se auniforme en espesor y acabado. No debe tenderse concreto asfáltico sobre una base húmeda, encharcada o cuando esté lloviendo.

Después de tendido el concreto asfáltico, inmediatamente se compacta, su temperatura debe estar entre 100°C y 110°C, en general, la compactación de la carpeta debe de terminarse a una temperatura mínima de 70°C. La compactación se hace en forma uniforme y cuidadosamente por medio de una aplanadora tipo tándem adecuada para dar un acomodo inicial a la mezcla. A continuación se utilizan compactadores de llantas neumáticas adecuados para alcanzar un mínimo de 95% del FVSM; - inmediatamente después se emplea un compactador de rodillos lisos para borrar las huellas que dejen los compactadores de llantas neumáticas.

El rodillo liso tipo tándem o el compactador neumático deben moverse paralelamente al eje, realizando el recorrido de las orillas de la carpeta hacia el centro, - en las tangentes; y en las curvas, del lado interior hacia el exterior.

Para dar por terminada la construcción de la carpeta, se verifica el alineamiento, el perfil, la sección, la compactación, el acabado y el espesor, con las siguientes tolerancias:

- Ancho de la carpeta, del eje a la orilla ± 2 cm.
- Profundidad de las depresiones, observadas colocando un regla de 3 m de longitud, paralela y normalmente al eje. 0.5 cm

Sobre la carpeta terminada se dá un riego de sello. Que es la aplicación de un material asfáltico, que se cubre con una capa de material pétreo, para impermeabilizar la carpeta, protegerla del desgaste y proporcionar una superficie anti-derrapante.

El material asfáltico está elaborado con cemento asfáltico FR-3, a razón de 1.2 lt/m² aproximadamente. El material pétreo empleado es del tipo 3-E, a razón de 10 lt/m².

Para la ejecución del riego de sello se procede de la siguiente forma: Se barre la superficie de la carpeta, que debe estar seca. Se dá un riego de material asfáltico. Se cubre el riego con una capa de material pétreo, colocado con esparcidores mecánicos. Se rastrea y plancha el material con rodillo liso ligero, sólo para acomodar las partículas. A continuación se pasa un compactador

de llantas neumáticas con peso de 4.5 a 7.3 Ton., pasando una rastra de cepillos de fibra o raíz, para mantener uniformemente distribuido el material y - evitar que se formen bordos y ondulaciones.

Por último, se recolecta mediante barrido el material pétreo excedente que no se adhiera al material asfáltico.

IV. 5. ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS.

En el tramo de carretera La Venta-La Marquesa, objeto de este trabajo, se proyectaron: un viaducto con longitud de 330 m (ubicado del km 6 + 370 al km 6 + 700). Un túnel con longitud de 345 m (ubicado del km 7 + 585 al km 7 + 930), formado por dos ductos de 12.80m de altura y 14.40 m de ancho, cada uno para alojar 3 carriles de circulación, estos tendrán banquetas extremas. Muros de tierra armada; un tramo de 240 m de longitud (ubicado del km 8 + 560 al km 8 + 800) y otro de 154 m de longitud (ubicado del km 9 + 060 al km 9 + 214), además del acceso al viaducto con longitud de 60 m en promedio. (v. fotos IV.13 y 14).

A continuación se tratarán las obras mencionadas, aclarando que debido al campo de estudio de este trabajo, sólo se describirá en forma general su proceso constructivo, principalmente.

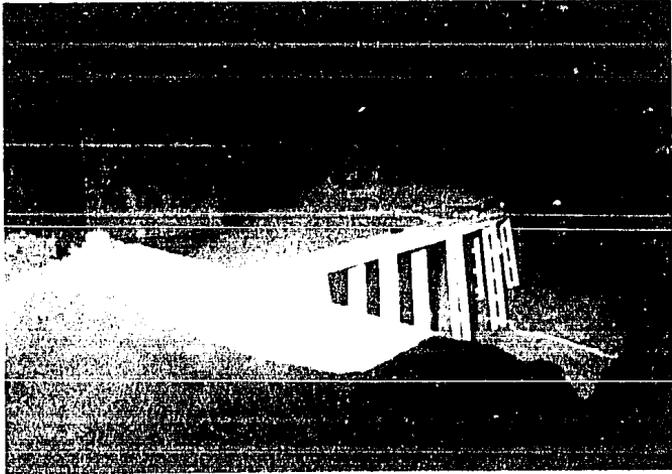


FOTO IV.13 VIADUCTO "LA MARQUESA"

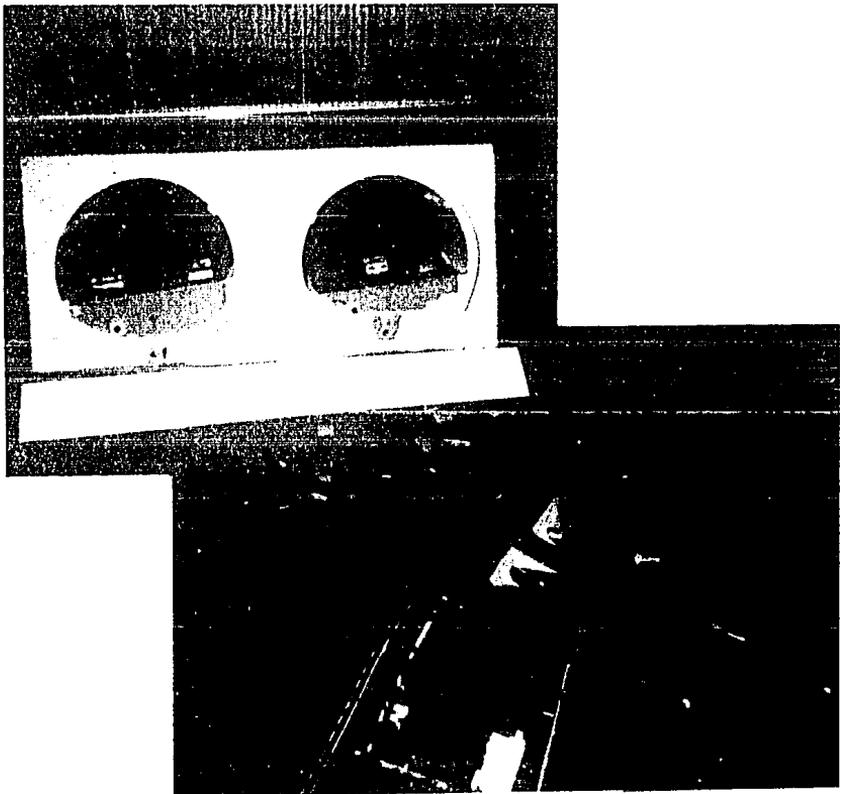


FOTO IV.14 TUNEL "LA VENTA"

5.1. Viaducto.

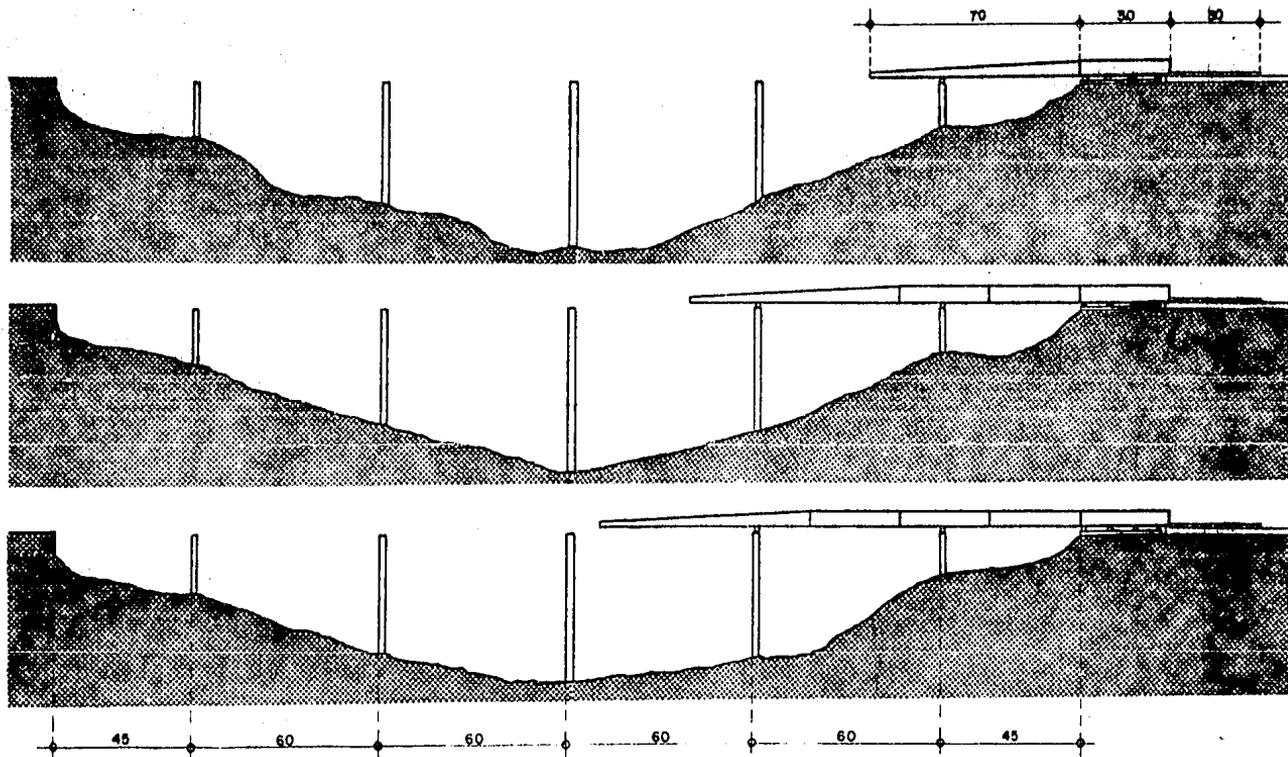
La superestructura del viaducto, del tramo La Venta-La Marquesa, está formada por seis claros de losa preesforzada con cuatro claros de 60 m. y dos de 45 m. cada uno. La subestructura está formada por seis pilas de concreto reforzado desplantadas sobre cilindros de cimentación y con dos estribos extremos. Las alturas de las pilas varían, siendo la mayor de 59.32 m. correspondiente a la pila cuatro cuerpo derecho. La infraestructura de las pilas uno, dos y tres -- (la pila uno con origen en el km 6 + 370) está formada por pilotes de 1.20 m. de diámetro colados en sitio (v. fotos IV.15 y IV.16).

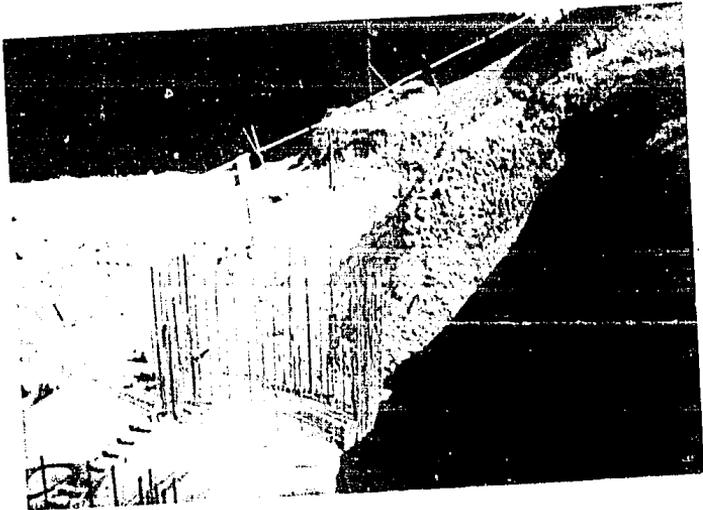
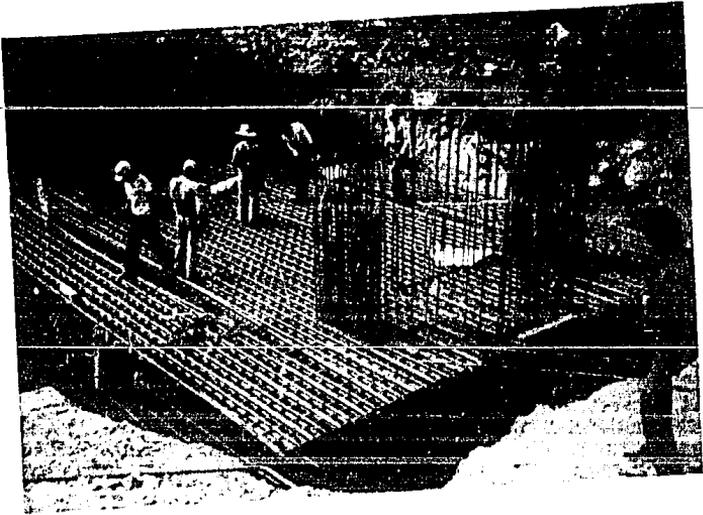
Para el colado de la subestructura se emplea cimbra trepadora, debido a la altura y conformación especial de las pilas. La cimbra trepadora se apoya, juntamente con los andamios de trabajo, directamente en la estructura en la correspondiente altura, y se puede desplazar hacia arriba de manera continua o en intervalos, mediante dispositivos accionados hidráulicamente. Con este método se eliminan los andamiajes voluminosos, que se montan en el suelo, juntamente con la cimbra corriente, causando costos elevados.

La superestructura del viaducto está formada a base de secciones prefabricadas llamadas dovelas (v. plano general). Las dovelas se unen en la obra por medio de cables de postensado que pasan por los ductos previamente dejados durante la fabricación.

El método constructivo de la superestructura es el de Avance Rítmico o de Lanzamiento Incremental Calculado; las dovelas se fabrican en un lugar fijo instalado en la zona donde se empieza el avance, se prepara esta por medio de un pico llamado Nariz de Lanzamiento, se conecta la primera sección prefabricada con la nariz y se lanza esta por medio de dispositivos hidráulicos, se coloca la otra sección volviendo a lanzar y así sucesivamente. Este es un método que requiere de un cuidadoso montaje y control de cada una de las etapas (v. fig. IV.7).

FIG. IX. 7 REPRESENTACION ESQUEMATICA DEL SISTEMA DE AVANCE RITMICO.





FOTOS IV.15 Y IV.16 ARMADO Y COLADO DE LA CIMENTACION DE LAS PILAS DEL VIADUCTO.

5.2 Tierra Armada.

Una de las posibilidades de contener a los rellenos de tierra, otras son a base de concreto y mampostería, es a través de la tecnología denominada tierra armada.

La tierra armada está constituida básicamente por el suelo como matriz, con tiras metálicas como refuerzo y una cubierta alrededor denominada piel a base de escamas (v. fig. IV.8).

El suelo de relleno es de tipo granular, para mayor efecto de fricción entre armadura y suelo y menos presiones intersticiales al llenarse de agua en forma rápida, que originaría pérdida de valor en la resistencia al corte; con menos del 15% de material fino, ningún elemento superior a 350 mm, y un ángulo de fricción interna del material superior a 25° .

Las tiras metálicas de refuerzo son de acero galvanizado de 40 a 60 mm de ancho y 5 mm de espesor, las cuales están entadas a intervalos con el fin de aumentar la adherencia con la tierra, su largo es del 70 al 80% de la altura del bloque.

La cubierta está formada por escamas, que son elementos prefabricados de concreto, de forma cruciforme de 1.50 m por 1.50 m. Entre las escamas horizontalmente se colocan juntas a base de tiras de corcho aglomerado con resina epóxica que permiten el asentamiento flexible entre escamas, verticalmente se utilizan unas juntas de espuma de poliuretano para permitir el paso del agua e impedir el de los finos del material de relleno. La función de las escamas es la de evitar la erosión del macizo de tierra armada, ya que en ningún momento se puede decir que el paramento o piel esté absorbiendo esfuerzos como si fuera un muro de contención o talud, sino por el contrario, las piezas que lo integran al estar completamente instaladas quedan afianzadas de las armaduras, con la carga distribuida sobre el bloque armado y no sobre ellas mismas.

- Proceso constructivo para las terracerías en donde se ubica el muro de tierra armada:

Los trabajos se inician con el desmonte, desenraíce y despálme del terreno na-

tural. Dado que la ladera donde se construye el muro tiene una pendiente transversal mayor del 25%, se efectúa excavación en corte para perfilar y nivelar la zona cuyo talud queda de 0.5:1.

Se excava la cepa ó zona donde se construirá la cadena de cimentación. Esta, así como el terreno natural nivelado se compactan al 90% de su PVSM Proctor, en una profundidad mínima de 20 cm.

Se construye la cadena de apoyo a las escamas, en sitio y con un concreto simple de $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$. Se montan las escamas con sus armaduras.

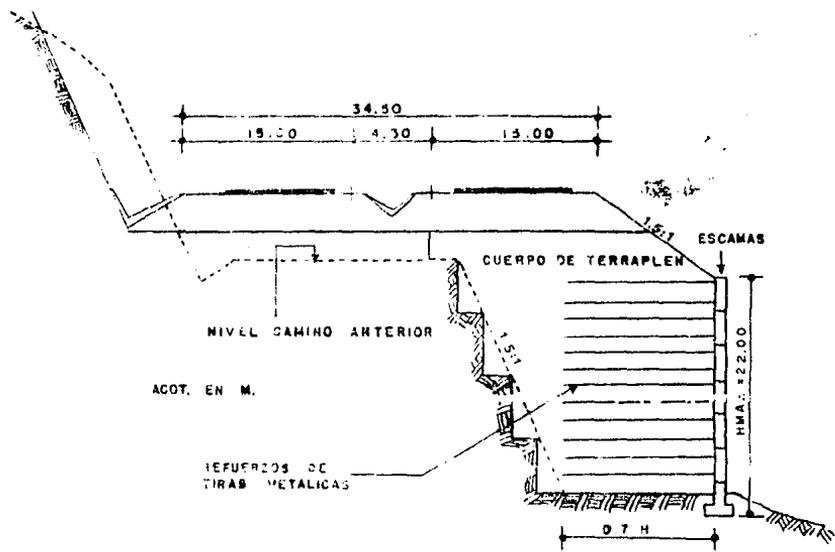
Simultáneamente al armado de las escamas y después del acomodo de las armaduras se efectúa el relleno del macizo de tierra, por capas sensiblemente horizontales de 37.5 cm. de espesor y se compacta al 90% de su PVSM Porter.

Con el objeto de evitar posibles deslizamientos entre el talud del corte y el relleno del macizo, se ejecutan escalones de liga cuyo peralte y compactación del piso del escalón es igual a la capa que se construye.

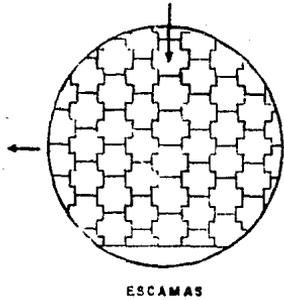
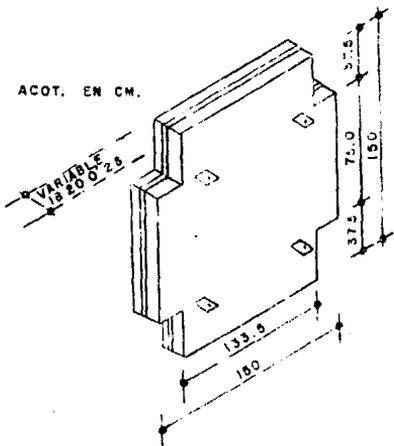
El muro del macizo de tierra armada queda a un desnivel respecto a la rasante de proyecto, por tal razón el talud del terraplén tiene una inclinación mínima de 1.5:1, y para evitar erosión se reforesta mediante tepes (v. fig. IV.8).

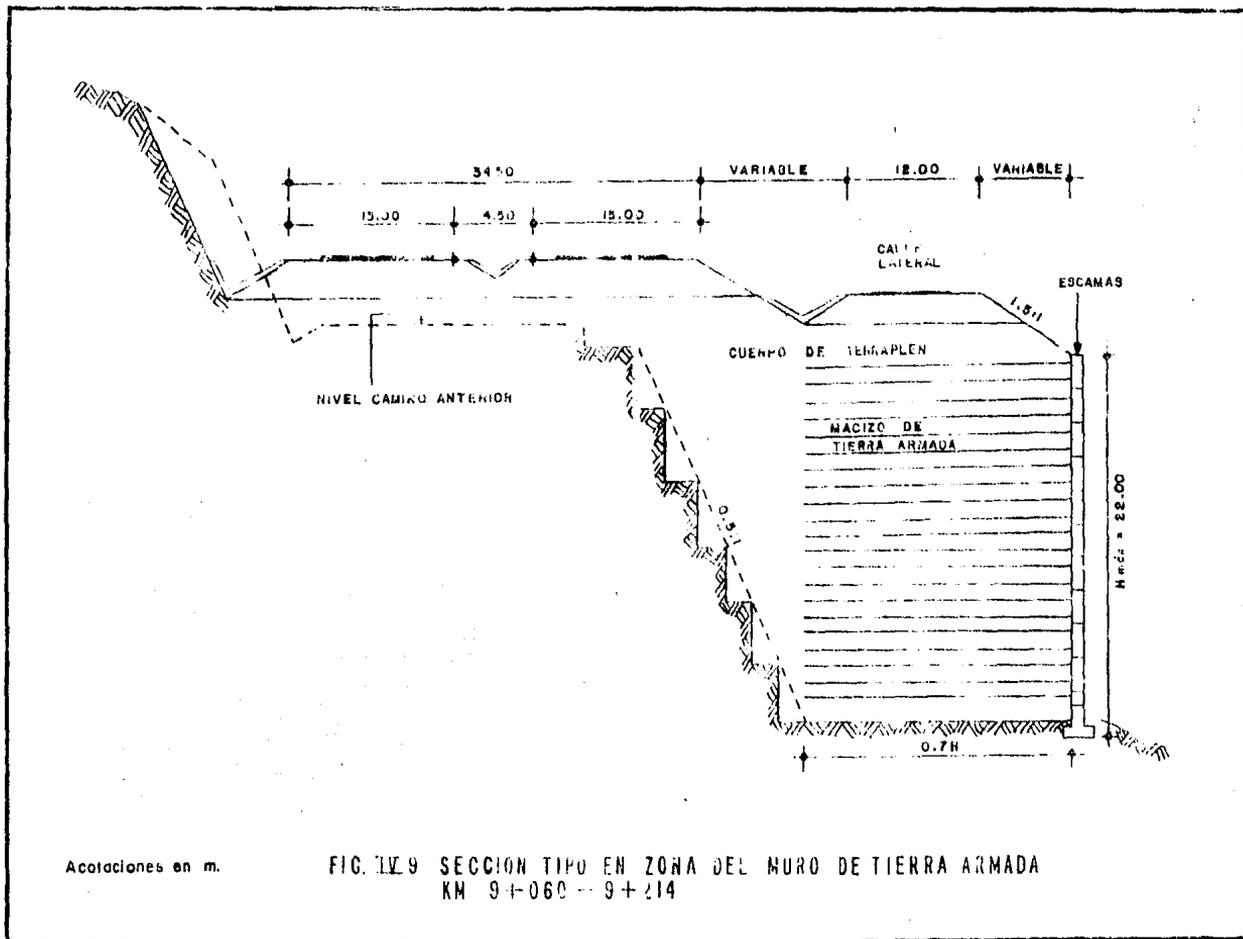
Cabe mencionar que del cadenamiento 9 + 060 al 9 + 214, en donde se ejecuta muro de tierra armada, se construye una calle lateral para canalizar el tránsito que circula con sentido hacia Toluca, y así poder hacer los trabajos en el lado contrario. (v. fig. IV.9).

FIG. IV 8 SECCION TIPO EN ZONA DEL MURO DE TIERRA ARMADA
 KM. 6 + 530 + KM. 8 + 800



ACOT. EN CM.





5.3. Túnel.

A. Características.

El túnel carretero denominado La Venta, que se construye en el tramo La Venta-La Marquesa, está formado por dos cuerpos; el cuerpo izquierdo con longitud de 345 m (ubicado del km 7 + 585 al km 7 + 930) y el cuerpo derecho con longitud de 351 m (ubicado del km 7 + 589 al km 7 + 940), cada uno para alojar tres carriles de circulación.

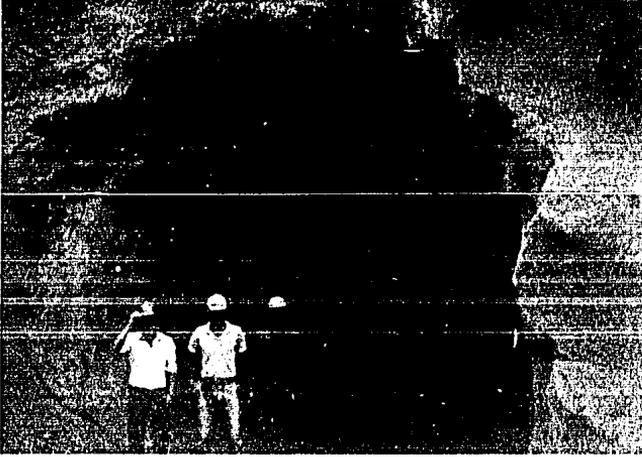
En ambos cuerpos se tienen tres secciones tipo; la sección tipo I con un ancho de 14.40 m y altura de 12.80 m, la sección tipo II con el mismo ancho pero con altura de 11.45 m, y la sección tipo III con un ancho de 14.80 m y una altura de 13.20 m. El túnel tiene banquetas extremas y un ancho de calzada de 11.05 m. Las capas y espesores del pavimento, así como otros detalles de las secciones además de su ubicación pueden verse en el plano general.

A la entrada y salida del túnel se tiene la sección de portales, cuyas características aparecen en el mismo plano.

En ambos cuerpos protal oeste (portal Toluca) se proyectó un túnel falso, llamado a la prolongación del túnel carretero y que es cubierto de manera artificial (v. - plano general).

En el portal este (portal México) se construyó un túnel auxiliar, bajo de la carretera actual, que se emplea para el paso de camiones volteo con material producto de la excavación de los cortes de los portales y de los mismos cuerpos del túnel. Esto con el fin de no entorpecer el tránsito, al tenerse que cruzar la carretera (v. fotos IV.17 y IV.18).

Se habla de un túnel piloto que se ejecuta en el portal oeste, en ambos cuerpos -- del túnel carretero, y que sirve para obtener información correspondiente a la estratigrafía de la zona bajo de la carretera actual y determinar la estabilidad de la misma, éste es de una longitud total de 50 m. aproximadamente.



FOTOS IV.17 Y IV.18 TUNEL AUXILIAR.

B. Descripción del Proceso Constructivo del Túnel.

El túnel se ejecuta por el Nuevo Método Austriaco de Construcción de Túneles. Este método consiste en aplicar concreto lanzado a las paredes de la excavación en espesores y secuencias variables, complementado con otros sistemas de soporte como son los marcos metálicos, las anclas y la malla electrosoldada.

El concreto lanzado se aplica una vez que la excavación, en sección parcial o total es realizada, con el fin de bloquear en cierto modo el macizo; es decir, limitando al máximo la descompresión y mejorando con ello la resistencia mecánica del terreno que se hace capaz de sostenerse por sí mismo. Protege al terreno desde su colocación contra toda acción de agentes externos, tales como el agua o el aire.

Para asegurar el comportamiento y la adherencia del revestimiento se emplea la malla electrosoldada como armado, cuya función es la de absorber contracciones del concreto lanzado, además de la colocación de una red de anclaje.

El conjunto constituido por el revestimiento y los anclajes contribuye a dar al terreno, en las proximidades de la excavación, una presión de confinamiento suficiente como para aumentar considerablemente su resistencia mecánica, además de que le permite al terreno participar en el sostenimiento del medio, y esto da la formación de una bóveda monolítica compuesta por el concreto y el terreno.

Las anclas tiene la gran ventaja de que aparte de mejorar la capacidad del terreno, por razón de un efecto de confinamiento, y de representar un apoyo a la pared de la excavación, disminuyen la esbeltez del concreto lanzado dándole una mayor rigidez, lo que redundará en una reducción del espesor.

La excavación se lleva a cabo por fases empleando medios mecánicos; equipo de barrenación convencional (yumbo y perforadora) y una lanzadora de concreto (el concreto se hace pasar por una manguera y se proyecta neumáticamente a alta velocidad sobre la superficie), más el equipo para la colocación de anclas que normalmente forma parte del equipo de barrenación. Los explosivos se dejan en su modalidad de voladura suave, como vía alterna para un pequeño tramo.

- Procedimiento de excavación y colocación de soporte primario (constituido por marcos, concreto lanzado, malla electrosoldada y anclas).

En las secciones tipo I y III el procedimiento consiste en excavar la corona en tres etapas, para lo cual aquella ha sido dividida en tres partes con áreas sensiblemente semejantes. El objetivo fundamental es atacar las secciones laterales dejando la llamada etapa 2 como soporte central, que reduce el claro a un --tercio aproximado del diámetro total.

Finalizada la rezaga de la primera etapa, se está en posibilidad de realizar el montaje de los marcos metálicos cuyo análisis estructural demostró que, según las cargas propuestas y la anchura del túnel, no existe sección comercial de --acero adecuada, por lo que es necesario una sección compuesta por tres placas.

El marco metálico correspondiente a la corona se podrá montar en dos tramos si las condiciones generales permiten únicamente perfilar la clave del túnel sobre la correspondiente etapa 2.

Para algunos cadenamientos que han sido definidos a priori, en base al perfil geológico, existe la posibilidad de sustituir los marcos metálicos por marcos de concreto lanzado de sección trapezoidal.

Montados los marcos se lanzará concreto en una primera capa, que se verá reforzada por la malla electrosoldada.

Después de cada tronada, el residente examinará las condiciones de la roca, determinando los requerimientos de soporte, marcando las posiciones de las anclas, estableciendo número, ubicación, inclinación y longitud de los elementos. Antes o después de la perforación del túnel, se puede perforar o instalar las anclas ya que el efecto de la tronada ejerce poca influencia sobre éstas.

Han sido proyectadas dos tipos de anclas; de tensión para ser utilizadas en la clave y de fricción sobre las paredes.

La excavación correspondiente al banco, etapa 3, se puede desarrollar en subetapas, dando la misma secuencia de aplicación de los elementos de soporte primario.

No se descarta la posibilidad de estabilizar el frente de ataque por medio de travesaños, representando éste un método simple y económico, o si se requiere, directamente con inyecciones.

En la sección tipo II el procedimiento es mucho menos complejo, realizando la excavación en dos etapas: corona y banco. La aplicación del sistema de revestimiento primario es por consiguiente menos rigurosa, pero no por ello deja de ser delicada, a base de marcos de concreto lanzado, anclas de fricción y concreto lanzado.

Se emplea el concreto hidráulico como el soporte secundario o definitivo del túnel, cuya función es dar a la excavación un acabado final o completar la acción del ademe primario, para soportar las cargas internas y externas a lo largo de su vida útil (v. plano general).

El control de agua interno se realiza a través de drenes de penetración, cuya descarga incide en el dren principal solución que ha sido programada para ambas secciones.

C. Proceso Constructivo de Terracerías y Pavimento en el Túnel.

- Terracerías.

Los materiales producto de la excavación del túnel en el km 7 + 600 al km 7 + 850 corresponden a brecha andesítica con matriz limo arenosa, por lo que en este subtramo la subrasante y demás capas de las terracerías se forman con el producto de dicha excavación. Del km 7 + 850 al km 7 + 960 existe andesita, por lo que el producto del corte solo se utiliza en la construcción del cuerpo de terraplén mediante bandeo.

Tomando en cuenta que en las secciones tipo I y III las terracerías se construyen sobre una losa armada de sección semicircular y con objeto de no causar daños a esta estructura, se procede como sigue:

a) El terminado de la losa, superficialmente es rugoso para lograr una buena liga con las terracerías.

b) La primera capa de terracerías (plantilla) se forma con material preferentemente fino del tipo limos ó arenas, evitando la incorporación de gravas y/o -- fragmentos de cualquier tamaño, en espesor de 40 cm. Colocando el material a volteo y acomodandolo en el ancho necesario para evitar contacto entre el equipo de compactación y la losa del anillo del túnel, esta porción se compacta al 90% de su PVSM Proctor con equipo neumático del tipo ligero con capacidad del orden de 8 ton. La formación de esta capa es una vez que la losa esté debidamente fraguada.

c) La capa de transición se construye con espesor de 20 cm cuando las terracerías tengan una altura menor de 80 cm y de 50 cm cuando la altura sea mayor, la capa subrasante es de 30 cm, compactadas al 95 y 100 % de su PVSM Pórt^{er} respectivamente, con tamaños máximos hasta de 7.6 cm (3").

d) Las obras de drenaje tales como tubos colectores, subdrenes y pozos de visita, se construyen antes ó al mismo tiempo en que se ejecuten las terracerías.

La sección tipo II corresponde a un túnel tipo herradura, en el piso de éste - no se construye revestimiento alguno, por lo cual se garantiza una compactación del 90% de su PVSM Pórt^{er} como mínimo. Sobre el área de desplante de las terracerías debidamente terminada y después de haberse construido las zapatas del túnel se procede como sigue:

a) El cuerpo de terraplén se construye con material producto de la excavación del túnel en capas de 30 cm de espesor compactadas al 90% de su PVSM Pórt^{er}.

b) Para las capas de transición y subrasante se procede como en las secciones I y III, agregando que los materiales que se requieren para la ejecución de - éstas capas son del producto de la excavación del túnel ó en caso necesario se utilizan del producto del corte más cercano a éste; que reúna la calidad y características fijadas por las Normas para Construcción e Instalaciones de la SCT.

- Pavimento.

Construidas las terracerías hasta el nivel de la capa subrasante, se prosigue con la ejecución del pavimento (con materiales de bancos dispuestos para este fin) - de acuerdo con las Normas mencionadas y cuyo proceso constructivo es igual al -- descrito en el tema IV.4 de este trabajo.

CAPITULO V

PRINCIPALES CONTROLES DE CALIDAD

V.1. PRINCIPIOS DE CONTROL GENERAL DE CALIDAD.

1.1 Definición.

Control, es la observación y determinación de medidas de funcionamiento en comparación contra las normas fijadas por el plan, así como correcciones de las desviaciones.

Calidad, se refiere a alguna propiedad medible o contable de algún producto, tal como la resistencia del suelo, el espesor del pavimento, etc.

Control de Calidad, es el conjunto sistemático de esfuerzos, principios, prácticas y tecnología de los diferentes grupos de una organización para asegurar, mantener o superar la calidad de la obra al nivel más económico.

1.2 Aspectos o Actividades que lo Involucra.

- a) Medidas preventivas como investigaciones, especificaciones, proyectos, etc.
- b) Control de proceso, o sea la vigilancia necesaria para que durante la construcción, las actividades se ajusten al proyecto y a las especificaciones, con sus tolerancias respectivas.
- c) Verificación de la obra, con lo que se puede comprobar si se alcanzó la meta y en caso positivo exigir el pago correspondiente; este aspecto incluye también la observación de la obra durante su operación o su uso.
- d) Motivación, se refiere al convencimiento que debe tener el personal de la empresa ya sean ejecutivos y obreros para alcanzar la meta propuesta.
- e) Retroalimentación, que es la información acerca de la forma en que se lleva a cabo el proceso y del grado que se alcanzó en la meta, en relación a lo proyectado, para modificar total o parcialmente las especificaciones, las tolerancias o el proceso.

1.3 Herramientas del Control de Calidad.

Los instrumentos con que cuenta el control de calidad para desarrollar sus actividades son: proyecto, especificaciones, procedimientos de muestreo, prueba y medición, equipo, métodos estadísticos, sistemas de información y procesamiento de datos. Con estas herramientas se puede intervenir según las necesidades, - en todo o en parte del proceso; diseño, construcción, operación (uso), costos y aspectos humanos.

Durante la ejecución de la obra, el control de calidad verifica la calidad de los materiales y los procedimientos de construcción, prevé cualquier cambio posible, se inspecciona la maquinaria en cuanto a operación, mantenimiento, reparación y técnicas de trabajo; asimismo debe promover los estudios para mejorar técnicas y utilización de materiales y equipo.

V.2 CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES.

El control de calidad de los materiales empleados es de suma importancia, ya que un buen control acarreará a futuro un ahorro, que se reflejará en las obras de conservación que se efectúan posteriormente.

Para la construcción de un camino, se presentará una gran variedad de materiales, siendo unos de mayor calidad que otros, por lo que para estar en condiciones de saber esto, es necesario hacer pruebas a los distintos materiales existentes, para así conocer sus características y posibilidades de uso.

2.1 Muestreo y Pruebas de Materiales.

Es en el laboratorio, en donde se obtienen los datos necesarios para iniciar los trabajos de proyecto, una vez conocidas las pruebas físicas del suelo que han de considerarse en el análisis.

Para poder obtener en el laboratorio resultados dignos de crédito, es necesario llevar a cabo previamente un proceso muy importante que juega un papel fundamental en los resultados por obtener, y es el de muestreo, que consiste en la

obtención de las porciones suficientes del suelo y materiales que se requiera conocer sus características.

El muestreo, consistirá en la obtención de una porción del material con que se construirá una estructura, ó que ya forma parte de la misma, debiendo ser representativa del conjunto.

Por prueba se entiende al conjunto de mediciones, que se toman a muestras elaboradas expofeso.

Las pruebas se clasifican en tres tipos:

- 1.- Pruebas de Clasificación, para conocer las características de los materiales y decidir su uso.
 - 2.- Pruebas de Control, para verificar la calidad de la obra.
 - 3.- Pruebas de Proyecto, para conocer los espesores de las capas del camino.
- Pruebas que deben efectuarse en los materiales.

Se relacionan a continuación las principales pruebas que, de acuerdo con las Normas de la S.C.T., deben efectuarse a los distintos materiales.

A. Cuerpo de terraplén y subrasante.

1.- Pruebas de clasificación:

- a) Granulometría
- b) Límites de Atterberg.
- c) Contracción lineal.
- d) Porter estándar; expansión, VRS.

2.- Pruebas de control (PVSM y Wo) (compactación):

- a) Proctor SAHOP
 - 10% retiene malla # 4.
- b) AASHTO modificada.
 - 20% >retiene malla # 4 >10%
- c) Porter estándar.
 - + 20% retiene malla # 4

3.- Pruebas de proyecto (VRS):

- a) 100% PVSM, Wo
 - zonas de buen drenaje y bajo régimen pluviométrico.
- b) 95% PVSM, Wo + 1.5 %
 - zonas de regular drenaje y régimen pluviométrico.

- c) 90% PVSM, Wo + 3.0 %
zonas de mal drenaje y alto régimen pluviométrico

B. Sub-base, base y carpeta.

1.- Pruebas de clasificación.

- a) Granulometría
- b) Límites de Atterberg.
- c) Contracción lineal
- d) Porter estándar (expansión y VRS)
- e) Valor cementante.
- f) Afinidad con el asfalto.
- g) Contenido óptimo de asfalto para carpetas.

2.- Pruebas de control:

- a) Porter estándar (PVSM),
sub-bases, bases, mezclas en el lugar.
- b) Prueba Marshall (PVSM, estabilidad, flujo),
concreto asfáltico.
- c) Contenido de asfalto,
diferentes tipos de carpetas.

V.3 SEGUIMIENTO Y REPORTE.

La S.C.T., lleva a cabo el control de calidad de los caminos que construye, a través de laboratorios que funcionan en las residencias; cuenta con una brigada móvil que es la encargada de obtener las muestras en el campo, clasificarlas y llevarlas al laboratorio para su ensayo o muestreo.

En el tramo La Venta-La Marquesa, el laboratorio "Cuajimalpa" es el encargado del control de calidad de la obra, para comprobar el que se cumpla con las especificaciones bajo las cuales se proyectó el camino y se asegure la durabilidad de la carretera.

A continuación se enlistan una serie de reportes obtenidos en el tramo de carretera en estudio, correspondientes al muestreo de las terracerías, obras de drenaje y pavimento.

Para la interpretación de las pruebas se cuenta con formatos definidos, los cuales se complementan con un espacio para observaciones, en donde se aprueba o rechaza la prueba; los reportes, como podrá verse, corresponden a diferentes kilometrajes y a diferentes conceptos.



SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

DEPENDENCIA DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES.

CENTRO SOP S.C.T. MEXICO

[14] UNIDAD DE LABORATORIOS

RESIDENCIA "CUAJIMALPA, D. F."

INFORME DE TERRACERIAS

OBRA	CARRETERA: MEXICO-TOLUCA	ENSAYES No.	2337
LOCALIZACION	TRAMO: LA MARQUESA-LA VENTA	FECHA DE RECIBO	24-IV-85
		FECHA DE INFORME	27-IV-85

IDENTIFICACION	NUM. DE ENSAYE.	2337					
	ESTACION:	2+000					
	LADO						
	CAPA	3a. CUERPO DE TERRAPLEN.					

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMAÑO MAXIMO	75.0 mm.					
	% RETENIDO EN MALLA DE 75 mm	0.1					
	% QUE PASA MALLA DE 4.75 mm	25					
	" " " " DE 0.425 mm	72					
	" " " " DE 0.075 mm	54					
	EQUIVALENTE DE HUM. DE CAMPO %						
	LIMITE LIQUIDO %	38					
	INDICE PLASTICO %	17					
	CONTRACCION LINEAL %	45					
	P.E.S. SUELTO kg/m ³	1475					
	P.E.S. MAXIMO kg/m ³	1852					
	HUMEDAD OPTIMA %	13.6					
	HUMEDAD NATURAL %						
	COMPACTACION DEL LUGAR %						
V.R.S. ESTANDAR SATURADO %	67.6						
EXPANSION %	0.19						
CLASIFICACION SOP.	GC						

ESTUDIO DE ESPESORES	TIPO DE PRUEBA						
	CURVA DE PROYECTO						
	100% COMP.	HUMEDAD DE PRUEBA %					
		VALOR RELATIVO DE SOPORTE %					
		ESPESOR REQUERIDO, cm					
	75% COMP.	HUMEDAD DE PRUEBA %	16.6				
		VALOR RELATIVO DE SOPORTE %	28.5				
		ESPESOR REQUERIDO, cm					
	50% COMP.	HUMEDAD DE PRUEBA %	15.1				
		VALOR RELATIVO DE SOPORTE %	69.0				
		ESPESOR REQUERIDO, cm					
	100% COMP.	HUMEDAD DE PRUEBA %	13.6				
VALOR RELATIVO DE SOPORTE %		106.6					
ESPESOR REQUERIDO, cm							

NOTA: En graticas dibujadas por separado se hace el análisis en conjunto de los V.R.S. y espesores de pavimentos requeridos.

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES: LAS CARACTERISTICAS QUE PRESENTA EL ENSAYE DE REFERENCIA CUMPLEN CON LAS ESPECIFICACIONES.

EL LABORATORISTA	EL JEFE DEL LABORATORIO	V * B *
------------------	-------------------------	---------



SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

DEPENDENCIA DIRECC. GRAL. CARRTS. FDLES.

CENTRO SOP S.C.T.

14

UNIDAD DE LABORATORIOS
RESIDENCIA "CUAJIMALPA, D. F."

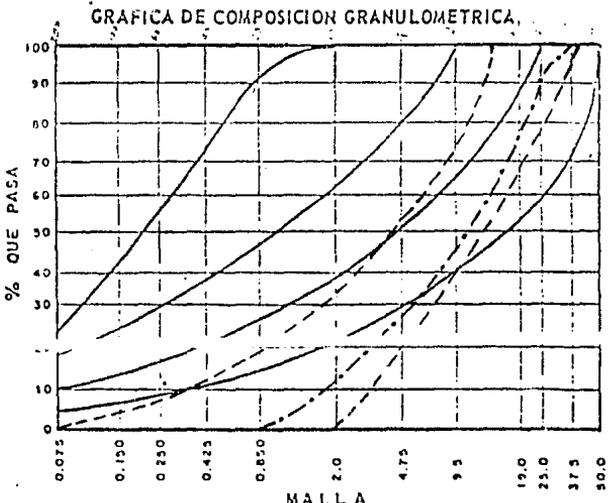
INFORME DE ENSAYE EN MATERIALES PARA SUB-BASE Y BASE

OSRA CARRETERA: MEXICO-TOLUCA, ENSAYES No. 1002
 LOCALIZACION TRAMO: LA MARQUESA-LA VENTA. FECHA DE RECIBO 11-III-85
CIUDAD, CAVIÑO, TRAMO, KILOMETRO, ORISEN DEL EGENANIENTO ETC FECHA DE INFORME 13-III-85
 MUESTRA TOMADA KM. 3+750 SUB-DREN TRANSVERSAL

DATOS DEL MUESTRO MATERIAL PARA CAPA DE: SUB-BASE BASE SUB-DREN
 DESCRIPCION PETROGRAFICA DEL MATERIAL ANDESITA FRAGMENTADA
 CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO ALMACEN ADYACENTE A LA OBRA (CANAL)
 TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO CRIBADO A 37.5 mm.
 UBICACION DEL BANCO VALVERDE KM. 1+300 DESV. IZQ. 13,000 MTS.

PE. SECO SUELTO kg/m ³	1162
P.E.S. MAXIMO kg/m ³	
HUMEDAD OPTIMA %	
PE DEL LUGAR kg/m ³	
HUMEDAD DEL LUGAR %	

MALLA	RETENIDO	
	EN 50.0	
EN 37.5	1.0	
% QUE PASA		
50.0		
37.5	100	
25.0	93	
19.0	78	
9.5	46	
4.75	30	
2.00	12	
0.85	0	
0.425		
0.250		
0.150		
* 0.075		



V.R.S. (ESTANDAR)S	PRUEBAS EN MAT. MAYOR QUE LA MALLA Num. 6.5
EXPANSION %	ADSORCION % <u>4.22</u>
VALOR CEMENTANTE kg/cm ²	DENSIDAD <u>2.31</u>
EQUIVALENTE DE ARENA %	DURABILIDAD

PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA Num. 0.425	
LIMITE LIQUIDO INDETERMINADO POR FALTA	EQUIV. HUM. DE CAMPO %
LIMITE PLASTICO % DE FINOS.	CONTRACCION LINEAL %
INDICE PLASTICO %	CLASIFICACION SOP

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES: LA GRANULOMETRIA OBTENIDA EN EL ENSAYE QUE SE REPORTA, CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES.

EL LABORATORISTA	EL JEFE DEL LABORATORIO	Vo. Bn.
------------------	-------------------------	---------



SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

DEPENDENCIA DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES.

CENTRO SOP S.C.T. MEXICO 14 UNIDAD DE LABORATORIOS
RESIDENCIA "CHAJMALPA, D. F."

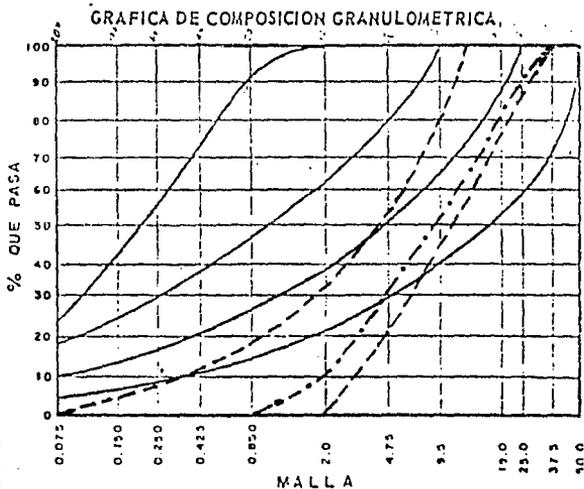
INFORME DE ENSAYE EN MATERIALES PARA SUB-BASE Y BASE

OBRA: <u>CARRETERA: MEXICO-TOLUCA.</u>	ENSAYES No. <u>4555</u>
LOCALIZACION: <u>TRAMO: LA MARQUESA-LA VENTA</u>	FECHA DE RECIBO: <u>1-OCT-85</u>
<small>CIUDAD, CAMINO, TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CEMENTAMIENTO ETC.</small>	FECHA DE INFORME: <u>3-OCT-85</u>
<u>NUESTRA TOMADA ENTRE LOS KMS. 10+720 A 10+800</u>	
<u>AL VADO DERECHO, RAMA "10" ENT. LA MARQUESA.</u>	

DATOS DEL MUESTREO	MATERIAL PARA CAPA DE: <u>SUB-BASE</u> <input type="checkbox"/> <u>BASE</u> <input type="checkbox"/>	SUB-DREN
	DESCRIPCION PETROGRAFICA DEL MATERIAL: <u>CONGLOMERADO ANDESITICO.</u>	
	CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO: <u>ALMACEN ADYACENTE A LA OBRA</u>	
	TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO: <u>CRIBADO A TAMAÑO MAXIMO DE 1 1/2"</u>	
	UBICACION DEL BANCO: <u>CALIMAYA, KM. 1+300 DESV. DER. 50,000 MTS.</u>	

RE. SECO SUELTO kg/m ³	1161				
RE.S. MAXIMO kg/m ³					
HUMEDAD OPTIMA %					
PE DEL LUGAR %					
HUMEDAD DEL LUGAR %					

COMPOSICION GRANULOMETRICA	MALLA		RETENIDO	
	EN 50.0	EN 37.5		
	% QUE PASA			
	50.0			
	37.5	100		
	25.0	88		
	19.0	80		
	5.3	52		
	4.75	31		
	2.00	10		
	0.85			
	0.425			
	0.250			
	0.150			
	* 0.075			



V.R.S. (ESTANDAR) %	PRUEBAS EN MAT. MAYOR QUE LA MALLA Núm. 85
EXPANSION %	ABSORCION % <u>5.2</u>
VALOR CEMENTANTE kg/cm ²	DENSIDAD <u>2.17</u>
EQUIVALENTE DE ARENA %	DURABILIDAD

PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA Núm. 0.425	
LIMITE LIQUIDO: <u>NO SE DETERMINO POR FALTA</u>	ECUIV. HUM. DE CAMPO %
LIMITE PLASTICO: <u>DE MATERIAL FINO.</u>	CONTRACCION LINEAL %
INDICE PLASTICO %	CLASIFICACION SOP

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES: LAS CARACTERISTICAS QUE PRESENTA EL MATERIAL ENSAYADO, CUMPLEN CON LAS ESPECIFICACIONES.

EL LABORATORISTA	EL JEFE DEL LABORATORIO	Vc. Bc.
------------------	-------------------------	---------



SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

DEPENDENCIA DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES.

CENTRO SOP S.C.T. MEXICO

UNIDAD DE LABORATORIOS

RESIDENCIA "CUAJIMALPA, D. F."

INFORME DE COMPACTACION Y ESPESOR DE CAPA SUBRASANTE

OBRA <u>CARRETERA, MEXICO-TOLUCA</u>	ENSAYES No. <u>496/510</u>
LOCALIZACION: <u>TRAMO: LA MARQUESA-LA VENTA</u>	FECHA DE RECIBO <u>16-II-85</u>
<small>(CIUDAD, CAMINO, TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CADENAMIENTO, ETC.)</small>	FECHA DE INFORME <u>16-II-85</u>

REPORTE DE CAMPO No. <u>41</u>	COMPACTACION <input checked="" type="checkbox"/>	RECOMPACTACION <input type="checkbox"/>
GRADO DE COMPACTACION MINIMO ESPECIFICADO PARA LA CAPA ENSAYADA		95%

ENSAYE No.	ESTACION	LADO	ESPESOR DE LA CAPA ENSAYADA	HUMEDAD %		PESO ESPECIFICO SECO kg/m ³		% DE COMPACTACION
				DEL LUGAR	OPTIMA	DEL LUGAR	MAXIMO	
SUB-TRAMO KMS. 31+250 a 31+740 LIGA PROVISIONAL								
496	31+280	I	30	14.4	16.2	1728	1715	101
497	31+300	C	31	15.2	16.2	1716	1715	100
498	31+320	D	31	15.9	16.2	1715	1715	100
499	31+380	I	29	15.7	16.5	1730	1725	100
500	31+400	C	29	15.5	16.5	1725	1725	100
501	31+420	D	29	16.6	16.5	1730	1725	100
502	31+480	I	29	15.8	16.5	1735	1725	101
503	31+500	C	31	16.4	16.5	1727	1725	100
504	31+520	D	31	16.1	16.5	1730	1725	100
505	31+580	I	30	15.7	15.6	1730	1735	100
506	31+600	C	30	14.8	15.6	1735	1735	100
507	31+620	D	30	15.5	15.6	1740	1735	100
508	31+680	I	31	14.9	16.8	1718	1720	100
509	31+700	C	29	15.6	16.8	1725	1720	100
510	31+720	D	31	15.8	16.8	1720	1720	100

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES: EL ESPESOR ASI COMO EL GRADO DE COMPACTACION OBTENIDOS EN EL SUB-TRAMO, CUMPLEN CON EL PROYECTO.

EL LABORATORISTA	EL JEFE DEL LABORATORIO	Vo. Bo.
------------------	-------------------------	---------



SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

DEPENDENCIA DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES.
 CENTRO SOP S.C.T. MEXICO 14 UNIDAD DE LABORATORIOS
 RESIDENCIA "CUAJIMALPA, D. F."

INFORME DE TERRACERIAS

OBRA <u>CARRETERA: MEXICO-TOLUCA.</u>	ENSAYES Nos. <u>4753</u>
LOCALIZACION <u>TRAMO: LA MARQUESA-LA VENTA</u>	FECHA DE RECIBO <u>31-X-85</u>
	FECHA DE INFORME <u>5-XI-85</u>

IDENTIFICACION	NUM. DE ENSAYE.	4753				
	ESTACION	3+200				
	LADO	TOMADO DEL CORTE LADO DER.				
	GAPA PARA	SUB-RASANTE.				

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMANO MAXIMO	88.9 mm				
	% RETENIDO EN MALLA DE 75 mm	5.7				
	% QUE PASA MALLA DE 4.75 mm	48				
	" " " " DE 0.425 mm	32				
	" " " " DE 0.075 mm	18				
	EQUIVALENTE DE HUM. DE CAMPO %					
	LIMITE LIQUIDO %	45				
	INDICE PLASTICO %	15				
	CONTRACCION LINEAL %	6.1				
	P.E.S. SUELTO kg/m ³	1346				
	P.E.S. MAXIMO kg/m ³	1800				
	HUMEDAD OPTIMA %	16.4				
	HUMEDAD NATURAL %					
	COMPACTACION DEL LUGAR %					
V.R.S. ESTANDAR SATURADO %	47.1					
EXPANSION %	0.91					
CLASIFICACION SOP.						

TIPO DE PRUEBA		VARIANTE II				
CURVA DE PROYECTO						
ESTUDIO DE ESPESORES	100% EQ%	HUMEDAD DE PRUEBA %				
		VALOR RELATIVO DE SOPORTE %				
		ESPESOR REQUERIDO, cm				
	75% EQ%	HUMEDAD DE PRUEBA %	19.4			
		VALOR RELATIVO DE SOPORTE %	18.8			
		ESPESOR REQUERIDO, cm				
	50% EQ%	HUMEDAD DE PRUEBA %	17.9			
		VALOR RELATIVO DE SOPORTE %	35.3			
		ESPESOR REQUERIDO, cm				
	25% EQ%	HUMEDAD DE PRUEBA %	16.4			
		VALOR RELATIVO DE SOPORTE %	63.3			
		ESPESOR REQUERIDO, cm				

NOTA: En gráficas dibujadas por separado se hace el análisis en conjunto de los V.R.S. y espesores de pavimentos requeridos.
 OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES: LAS CARACTERISTICAS QUE PRESENTA EL MATERIAL ANALIZADO, CUMPLEN CON LAS ESPECIFICACIONES PARA SER EMPLEADO EN LA CONSTRUCCION DE LA CAPA DE SUB-RASANTE.

EL LABORATORISTA	EL JEFE DEL LABORATORIO	V° B°
------------------	-------------------------	-------

SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

DEPENDENCIA DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES.

CENTRO SOP MEXICO

14

UNIDAD DE LABORATORIOS

RESIDENCIA "CUAJIMALPA, D. F."

INFORME DE ESPESORES EN CAPA(S) DE SUB-BASE DERECHO,

OBRA CARRETERA: MEXICO-TOLUCA. ENSAYE N° 1703/1729
 LOCALIZACION TRAMO: LA MARQUESA-LA VENTA. FECHA DE RECIBO
 (CIUDAD, CAMINO, TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CADENAMIENTO, ETC.) FECHA DE INF. 10-IV-85

ESTACION km	LADO	e_f	$e_f - \bar{e}$	$(e_f - \bar{e})^2$	$ e_f - \bar{e} $
2+100	I	16	0.11	0.01	1
	C	15	0.89	0.79	2
	D	17	1.11	1.23	2
2+200	I	16	0.11	0.01	1
	C	16	0.11	0.01	1
	D	15	0.89	0.79	0
2+300	I	14	1.89	3.57	1
	C	16	0.11	0.01	1
	D	15	0.89	0.79	0
2+400	I	17	1.11	1.23	2
	C	15	0.89	0.79	0
	D	14	1.89	3.57	1
2+500	I	17	1.11	1.23	2
	C	16	0.11	0.01	1
	D	16	0.11	0.01	1
2+600	I	16	0.11	0.01	1
	C	15	0.89	0.79	0
	D	18	2.11	4.45	3
2+700	I	16	0.11	0.01	1
	C	15	0.89	0.79	0
	D	15	0.89	0.79	0
2+800	I	18	2.11	4.45	3
	C	18	2.11	4.45	3
	D	16	0.11	0.01	1
2+900	I	15	0.89	0.79	0
	C	16	0.11	0.01	1
	D	16	0.11	0.01	1
	I				
	C				
	D				

NOTA: El espesor de sub-base deberá determinarse restando al espesor total de sub-base más base, el espesor de base. $\bar{e} = 30.66$

EL LABORATORISTA	EL JEFE DEL LABORATORIO	Vo. Bo.
		142



SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

DEPENDENCIA DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES.
 CENTRO SOP S.C.T. MEXICO [14] UNIDAD DE LABORATORIOS
 RESIDENCIA "CUAJIMALPA, D. F."

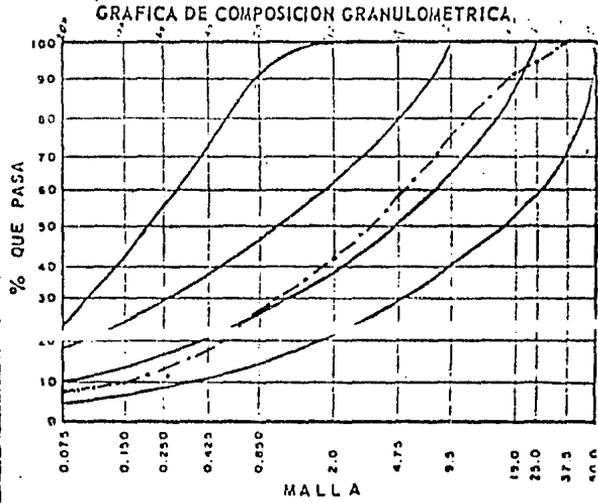
INFORME DE ENSAYE EN MATERIALES PARA SUB-BASE Y BASE

OBRA CARRETERA: MEXICO-TOLUCA ENSAYES No. 2192
 LOCALIZACION TRAMO: LA MARQUESA-LAVENTA FECHA DE RECIBO 18-IV-85
(CIUDAD, CAMINO, RAMAL, KILOMETROS, ORIENTE DEL ESTABLECIMIENTO ETC.) FECHA DE INFORME 18-IV-85
 MUESTRA TOMADA EN EL KM. 21+200 RAMAL "21" ENT. LA MARO.

DATOS DEL MUESTREO
 MATERIAL PARA CAPA DE: SUB-BASE BASE
 DESCRIPCION PETROGRAFICA DEL MATERIAL CONGLOMERADO ANDESITICO.
 CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO REVUELTO Y ACAMELLONADO (CANAL)
 TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO: TRITURACION TOTAL A 37.5 mm.
 UBICACION DEL BANCO VALVERDE KM. 1+300 DESV. IZQ. 13,000 MTS.

PE. SECO SUELO kg/cm ³	
P.E.S. MAXIMO kg/m ³	1866
HUMEDAD OPTIMA %	13.1
PE DEL LUGAR kg/cm ³	
HUMEDAD DEL LUGAR %	

COMPOSICION GRANULOMETRICA	MAILLA	RETENIDO
	EN 50.0	
	EN 37.5	2.7
	50.0	
	37.5	100
	25.0	95
	19.0	92
	5.5	77
	4.75	55
	2.50	41
	0.85	29
	0.425	18
	0.250	13
	0.150	10
	0.075	8



V.R.S. (ESTANDAR) 117.8
 EXPANSION % 0.20
 VALOR CEMENTANTE kg/cm² 6.3
 EQUIVALENTE DE ARENA % 49

PRUEBAS EN MAT. MAYOR QUE LA MALLA Num. 9.5
 ABSORCION % 4.06
 DENSIDAD 2.36
 DURABILIDAD

PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA Num. 0.425
 LIMITE LIQUIDO 32 EQUIV. HUM. DE CAMPO %
 LIMITE PLASTICO % INAP CONTRACCION LINEAL % 1.4
 INDICE PLASTICO % CLASIFICACION SOP

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES. LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ENSAYE QUE SE REPORTA CUMPLEN CON LAS ESPECIFICACIONES.

EL LABORATORISTA _____ EL JEFE DEL LABORATORIO _____ Vo. So. _____



SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

DEPENDENCIA DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES

CENTRO SOP S.C.T. MEXICO [14] UNIDAD DE LABORATORIOS
RESIDENCIA "CUAJIMALPA, D. F."

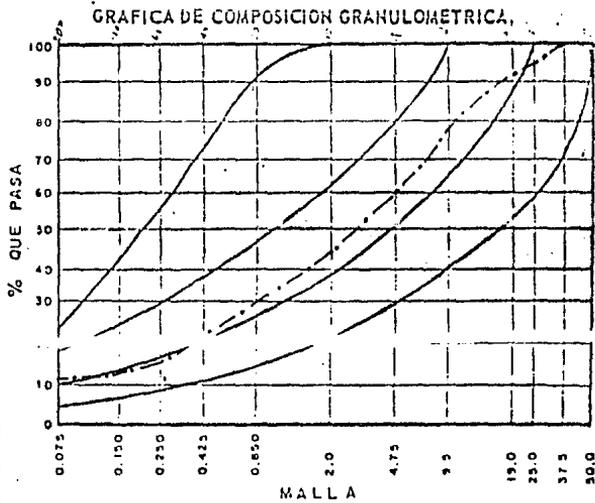
INFORME DE ENSAYE EN MATERIALES PARA SUB-BASE Y BASE

OBRA CARRETERA: MEXICO-TOLUCA ENSAYES No. 1291
 LOCALIZACION TRAMO: LA MARQUESA-LA VENTA FECHA DE RECIBO 26-III-85
(CUBAS, CAMINO, ANQUELITAS, ORIZEN DEL ESTABILIZADO, ETC.)
 MUESTRAS TOMADAS EN EL KM. 1+300 A 1+800 INCORPORACION A LOS EJES 11 AL EJE 1 ENT. LA MARO. FECHA DE INFORME 2-IV-85

DATOS DEL MUESTREO MATERIAL PARA CAPA DE: SUB-BASE BASE
 DESCRIPCION PETROGRAFICA DEL MATERIAL CONGLOMERADO ANDESITICO.
 CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO MATERIAL REVUELTO YACAMELLONADO. (CANAL)
 TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO ESTABILIZADO CON CEMENTO PORTLAND AL 3%
 UBICACION DEL BANCO VALVERDE KM. 1+300 DESV. IZQ. 13,000 MTS.

PE. SECO SUELTO kg/cm^3	1485
P.E.S. MAXIMO kg/m^3	1990
HUMEDAD OPTIMA %	11.1
PE DEL LUGAR kg/cm^3	
HUMEDAD DEL LUGAR %	

COMPOSICION GRANULOMETRICA	MAJILLA	RETENIDO
	EN 50.0	
EN 37.5	2.8	
		% QUE PASA
50.0		
37.5	100	
25.0	97	
15.0	92	
5.5	78	
2.50	44	
0.85	30	
0.425	22	
0.250	17	
0.150	14	
* 0.075	11	



V.R.S. (ESTANDAR) %	156.3
EXPANSION %	0.0
VALOR CEMENTANTE kg/cm^2	6.7
EQUIVALENTE DE ARENA %	39.7

PRUEBAS EN MAT. MAYOR QUE LA MALLA Num. 9.5	
ABSORCION %	4.54
DENSIDAD	2.20
DURABILIDAD	

PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA Num. 0.425	
LIMITE LIQUIDO %	36
LIMITE PLASTICO %	
INDICE PLASTICO %	INAP
EQUIV. HUM. DE CAMPO %	
CONTRACCION LINEAL %	1.3
CLASIFICACION SOP	

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE= 51.4 Kgs/cm2.
 LAS CARACTERISTICAS QUE PRESENTA EL ENSAYE QUE SE REPORTA, CUMPLEN CON LAS ESPECIFICACIONES.

EL LABORATORISTA	EL JEFE DEL LABORATORIO	Vo. Bo. 145
------------------	-------------------------	-------------



SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

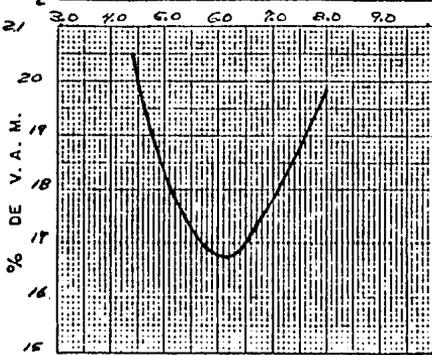
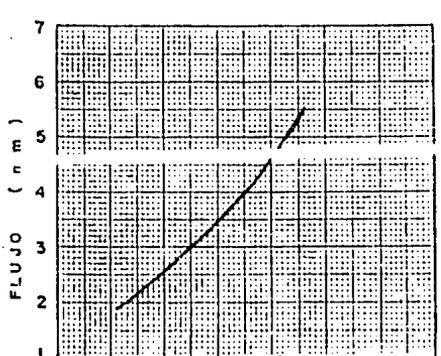
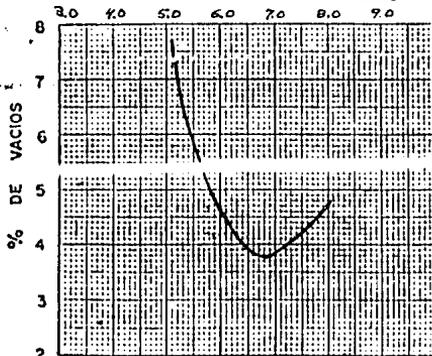
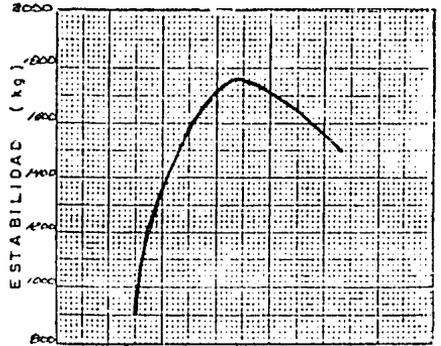
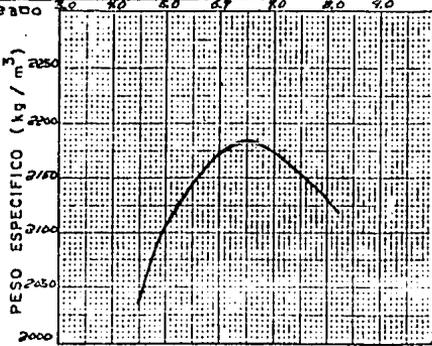
DEPENDENCIA DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES.

CENTRO SOP S.C.T. MEXICO 14 UNIDAD DE LABORATORIOS
RESIDENCIA "CUAJIMALPA, D.F."

PRUEBA MARSHALL

OBRA CARRETERA: MEXICO-TOLUCA ENSAYE N° _____
LOCALIZACION TRAMO: LA MARQUESA-LA VENTA. FECHA DE RECIBO _____
ECUAD, CAMINO, TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CADENAMIENTO, ETC. FECHA DE INFORME _____

MATERIAL PARA CAPA DE CARPEA ASFALTICA
UBICACION DE LA PLANTA _____
OBJETO DEL ENSAYE _____ ESTUDIO (X) REVISION ()



% C.A. EN PESO RESPECTO AL AGREGADO

CARACTERISTICAS	DATOS OBTENIDOS	ESPECIFICACIONES
CONTENIDO OPTIMO DE C.A.(%)	6.3	
PESO ESPECIFICO (kg/m³)	2180	
VACIOS (%)	4.4	3-5
V. A. M. (%)	16.8	14 min.
ESTABILIDAD (kg)	1540	700 min.
FLUJO (mm)	3.2	2-4
ESPECIMEN COMPACTADO CON <u>75</u> GOLPES DEL PISON POR CADA A LA TEMPERATURA DE <u>120°C.</u>		

EL LABORATORISTA

EL JEFE DEL LABORATORIO

Vo. Bo.

C O N C L U S I O N E S

La carretera México-Toluca constituye una de las principales rutas del país, ya que además de la comunicación directa del Distrito Federal con la ciudad de Toluca, por su ubicación conecta al centro de la República con varias regiones de los Estados de México, Guerrero y Michoacán, entre las cuales existe un gran movimiento de los centros de trabajo, de producción, acopio y de consumo.

Tiene uno de los volúmenes de tránsito más altos del país, como consecuencia del incremento en el desplazamiento de personas y la disposición de mercancías.

La ciudad de Toluca ha tenido un desarrollo socioeconómico considerable en los últimos años, y dado que su principal intercambio lo realiza con la ciudad de México, exige la modernización de la carretera de enlace.

El impacto de la modernización de la carretera sobre la zona de influencia tendrá como consecuencia, además de su función de integración, la de incidir en su desarrollo socioeconómico. En este orden, facilitará la actividad diaria de los habitantes y ampliará las oportunidades de acceso al trabajo, a la educación y a los servicios en general.

El derecho de vía es un concepto que incidió directamente en las condiciones finales de trazo, creó problemas importantes que retrasaron la ejecución

de la obra e influyó en el incremento del costo de la misma, en el tramo La Venta-La Marquesa.

Con la construcción del tramo La Venta-La Marquesa de la carretera México-Toluca, se logrará:

- Completar la modernización del enlace terrestre entre las ciudades de México y Toluca.
- Que el nivel de servicio sea acorde con la demanda.
- Obtener beneficios por ahorro en tiempo y operación, al mejorarse las condiciones de circulación y acortarse el recorrido.
- Disminuir considerablemente los accidentes de tránsito, ya que se contará con un alto coeficiente de seguridad para el usuario.
- Obtener menor consumo de combustible y menor deterioro del vehículo.

BIBLIOGRAFIA

1. AMITOS, AMIVTAC, SMIE, SMMR, SMMS (1985), "Los Túneles Carreteros", México.
2. Cabrera, R. B. (1977), "La Fotogrametría en el Proyecto de Vías Terrestres", SAHOP, México.
3. Díaz, D.D., de Buen, R. O. (1983), "Infraestructura Carretera", "Transporte Terrestre Ideal", "Todos los caminos llevan a México", Vol. 5, No. 81, pp. 19-22, CONACYT, México.
4. C.E.C.(1985), "Excavaciones y Terracerías", "Curso de Movimiento de Tierras", F.I. UNAM, México.
5. D.G.O.P. (1984), "Niveles Socioeconómicos Municipales", SARH, México.
6. D.G.S.T. (1984), "Estudio Geofísico de Resistividad del Túnel La Venta de la Carretera México-Toluca", SCT, México.
7. INGI (1983), "Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos", SPP, México.
8. Martínez, S. J. J.(1982), "Construcción del Tramo el Cedral-Río de las Cuevas", Tesis Profesional, FI, UNAM, México.
9. Olivera, B.F. (1983), "Manual de Drenaje para Caminos Rurales", ENEP, UNAM, México.
10. Olivera, B.F. (1983), "Tecnología para el Proyecto de Pavimentos Flexibles", ENEP, UNAM, México.
11. S.C.T. (1984), "Normas para Construcción e Instalaciones", "Carreteras y Aeropistas", Libros 3.01.01, 3.01.02, 3.01.03, México.
12. S.C.T. (1984), "Normas de Servicios Técnicos", "Proyecto Geométrico de Carreteras", México.
13. "IX Censo General de Población y Vivienda de la República Mexicana" (1970), Estado de México, Méx.